联想智能制造白皮书

(2020 版)

VISIT…

扫码免费领取资料

房中术{www.nblax520.com}专注于男性增大增粗增长、阳痿、早泄、壮阳、延时、强肾、回春、健身。女性缩阴、丰胸、减肥、化妆、瑜伽、保养、产后修复、盆底肌锻炼。两性健康,夫妻按摩,房中术,性姿势,性技巧,性知识等

更多免费教程：英语学习，技能提升，PS 教学，投资赚钱，音乐教程，口才教学，情商提升，风水教学，心理学，摄影知识，幼儿学习，书法学习，记忆力提升等等.....

==========

全站课程下载

课程不断增加

本站现资源容量已超 10T

入群联系 QQ：167520299 或添加微信：1131084518（备注 学习）

扫码加微信lax988988领取资料

阳痿早泄训练
皇室洗髓功视频教学
女人驻颜术
泡妞约炮万元课程
足疗养 SPA 教材
玉蛋功
马氏回春功
房中术张丰川
哲龙全套视频
增大盼你增大
国际男优训练
亚当德永早泄训练
洗髓功真人内部
皇室养生绝学道家洗髓功
【铁牛人会员课】男人必备技能，理论讲解
实战高清视频
随意控制射精锻炼 视频+图片+文字
价值 1440 元第一性学名著<素女经房中养生
宝典视频>12 部
洗髓功修炼方法视频教学
陈见玉蛋功视频教学 女性缩阴锻炼
男性自然增大增长指南
强性健肾保健操 1-4
道家强肾系统锻炼功法
马氏回春功
12 堂课，全面掌握男性健康问题 让你重燃自信
联系微信：1131084518

1、东方性经
2、印度 17 式
3、口交技巧 3 部
4、港台性姿势 3 部
5、365 性姿势 6 部
6、泰国性爱密经 17 式
7、花花公子性技巧 6 部
8、阁楼艳星性技巧 7 部
9、古今鸳鸯秘谱全集 7 部
10、夫妻爱侣情趣瑜伽 2 部
11、古代宫廷性保健系列 14 部
12、汉唐宋元明清春宫图真人
13. 柔软性爱宝典 日本 9800 课
14. 李熙墨 3999 全套课
15. 妖精性爱课 2888
16. 李银河全套性课
17. 领统统性课
18. 德勇男性篇
19. 德勇男性篇
20. 缓慢性爱
21. 亚当多体位搭配篇
22. 亚当多体位结合篇
23. 德勇克服早泄讲座练习
24. 德勇以女性为中心得爱抚
25. 加藤鹰接吻爱抚舌技
26. 加藤鹰指技
27. 加藤鹰四十八手入门
28. 佐藤潮吹教学
29. 佐藤男人体能锻炼+保健品介绍
30. 佐藤男人早泄对抗训练
31. 阿拉伯延时训练

32. 田渊正浩秘籍
33. 异性性快感集中训练教学
34. 自我愉悦锻炼密宗
35. 铁牛全套延时训练课
36. Pc 机锻炼真人视频教学
37. 印度性经全集 8 部
38. 21 世纪性爱指南
39. 香蕉大叔男女训练馆全套
40. 中美真人性治疗教学+理论
41. 女性闺房秘术
42. 幸福玛利亚性课
43. 陈见如何释放性魅力征服
44. 性爱技巧讲座全套
45. 性爱秘籍全套
46. 性爱误区讲座
47. 性病讲解大全
48. 性博士讲座合集
49. 性健康和性高潮合集
50. 性教育讲座合集
51. 性能力课堂合集
52. 性生活问题解析合集
53. 意外怀孕和避孕处理课堂
54. 性感地带探索
55. 性技巧讲座
56. 性健康与性卫生讲座
57. 性生活专家答疑
58. 性心理与性道德合集
59. 性爱宝典合集
60. 性爱技巧合集
61. 完美性爱演示
62. 完美性爱技术讲解
更多精品等你来解锁哦.....

每日免费获取报告

1、每日微信群内分享**7+**最新重磅报告；

2、每日分享当日**华尔街日报**、金融时报；

3、每周分享**经济学人**

4、行研报告均为公开版，权利归原作者所有，起点财经仅分发做内部学习。

扫一扫二维码
关注公号
回复：**研究报告**
加入“起点财经”微信群。。

目录

第一章 智能制造的发展背景 6

1.1 智能制造发展现状 6

1.1.1 世界智能制造发展保持活跃态势 6

1.1.2 我国智能制造发展面临的机遇和挑战 6

1.2 智能制造的发展趋势和路径 8

1.2.1 智能制造的定义及发展趋势 8

1.2.2 智能制造的目标和方法 10

第二章 联想智能制造实践和方法论 12

2.1 联想智能制造发展概况 12

2.1.1 联想智能制造的发展历程 13

2.1.2 联想对智能制造的认知理解 15

2.1.3 联想智能制造的体系框架 15

2.2：联想智能制造方法论 16

2.2.1 战略：联想制造展望-LMO 17

2.2.2 战术：联想分域致胜-ZTW 18

2.2.3 策略：联想组织文化-TOC 19

第三章 联想智能制造关键技术 22

3.1：智能制造关键技术发展趋势 22

3.1.1 关键智能制造技术发展前瞻 22

3.1.2 智能制造关键技术说明 23

3.2：联想智能制造技术的应用与探索 24

3.2.1 联想端、边、云、网、智建设整体说明 24

3.2.2 端：智能设备 26

3.2.3 边：边缘计算和物联网 28

3.2.4 云：混合云与大数据 29
3.2.5 网：5G 与区块链 31
3.2.6 智：人工智能算法和开放创新平台 36
第四章 联想智能制造解决方案和应用场景 41
4.1：构建联想智能制造五大核心能力 41
4.1.1 联想智能制造五大能力构建 41
4.1.2 联想智能制造解决方案概述 43
4.2 应用场景一产品设计 43
4.2.1 MBD 解决方案 44
4.3 应用场景一订单管理 46
4.3.1 订单可视化解决方案 46
4.3.2 订单自动化解决方案 49
4.3.3 订单自主纠错解决方案 51
4.4 应用场景一计划排产 53
4.4.1 整合计划解决方案 53
4.4.2 智能排程解决方案 55
4.4.3 智能预测解决方案 57
4.4.4 供应链智能控制塔 58
4.5 应用场景一采购管理 61
4.5.1 全球供应协同解决方案 61
4.5.2 采购计划解决方案 62
4.5.3. 采购执行解决方案 64
4.6：应用场景一生产运营 67
4.6.1 产线自动化解决方案 67
4.6.2 MES 管理系统解决方案 71
4.6.3 LCD 自动检测解决方案 74

4.6.4 数字化工艺解决方案 76
4.6.5 产品工程化仿真解决方案 79
4.6.6 制造过程仿真解决方案 82
4.6.7 智能生产归因分析解决方案 83
4.7：应用场景一仓储物流管理 85
4.7.1 智能仓储解决方案 88
4.7.2 智能包装解决方案 92
4.7.3 智能 IOT 监控可视化解决方案 94
4.7.4 智能物流网络规划选址解决方案 96
4.7.5 智能城配路径规划解决方案 98
4.7.6 统仓共配解决方案 100
4.8：应用场景一服务管理 102
4.8.1 人工智能客户联络中心解决方案 103
4.8.2 智能服务供应链协同解决方案 106
4.8.3 智能维修解决方案 107
4.9：应用场景一质量管理 109
4.9.1 闭环质量管理，智能驱动解决方案 110
第五章 智能制造未来展望 124
5.1：打造业界最佳智能制造 124
5.2：共建智能制造生态圈 125

前 言

2017 年联想集团董事长兼 CEO 杨元庆在世界互联网大会上表示：“智能制造是全链条的智能化 ，不仅仅是制造环节的智能化，而是把研发、生产、供应、销售、服务的企业制造全链条都串连起来的全面的智能化，是按照客户的需求设计开发、采购部件、组织生产、精准营销，并提供个性化服务的全流程的智能化。”

2019 年杨元庆在世界制造业大会上表示，社会正在从工业化时代、信息化时代快速地进入到智能化时代，智能化所需要的基本要素包括物联网、边缘计算、云计算、5G 网络等方面，中国企业跟全球其他国家的企业现在是站在同一起跑线上，这为实现产品创新、打响国际品牌提供了新的起跳板。

2020 年杨元庆在两会中提出推动新基建和新消费协调发展六项建言，并从制造业出发阐述了通过大力发展以数字化和智能化技术为驱动的智慧经济，推动中国制造业实现“产业跃迁”，推动中国经济的高质量发展的理念。包括“智慧经济”的发展，在加快 5G 等新型基础设施建设的同时还要积极推动智能科技与各行各业的应用场景相结合，从而充分抓住机遇，促进智慧经济的全面发展，尽早完成产业跃迁，不负“世界工厂”的大国担当，为经济的高质量发展注入新动能。

回望过去，联想制造三十年是伴随着中国改革开放及联想高速发展，引以为傲的三十年，在国家及公司各级领导的关怀下，联想制造从无到有、稳步成长。在前二十年联想制造持续以精益化为基础，改进绩效，提高产品竞争能力，从而提升公司供应链的整体竞争优势。第三个十年是联想以客户为中心智能化转型的十年，联想制造以新技术应用为向导，通过不断践行，从而实现了生产环节的“互联互通、柔性制造、虚实结合、闭环质量、智能决策”，并一步一步向“产品个性化、供应协同化、服务主动化、决策智能化”的四化目标迈进，进而不断提升自身核心竞争力。联想通过自身智能制造的实践，不断推进和打造行业智慧生态圈端到端智能化的能力，从而提升供应链全域整体运作能力，助力产业升级。

第一章 智能制造的发展背景

1.1 智能制造发展现状

1.1.1 世界智能制造发展保持活跃态势

人类进入工业社会之后，制造业逐渐成为一个国家经济能力乃至综合国力的基石。当前全球经济普遍面临转型压力，作为经济体系的稳定器，制造业迎来了前所未有的发展机遇，同时也面临着多重挑战。首先在市场层面，越来越多的行业面临全球性产能过剩问题。市场竞争激烈，需求从过去的大批量、规模化，逐渐转向小规模、个性化定制的新型模式。其次在社会层面，随着就业人口不断下降和劳动力成本的急剧上升，现有环境资源负担沉重，整个社会生产组织方式面临转型升级压力。最后在技术层面，在普遍自动化的基础上，物联网、边缘计算、云计算、大数据、人工智能等技术的发展为制造业的进一步升级提供了强大的技术支撑，同时也提出了更高的管理要求。可以说，智能制造是技术、社会和市场多方面要素驱动的结果。近年来，世界主要工业国都纷纷将智能制造上升到国家战略高度，致力于在关键智能制造技术上取得领先地位。

当前世界范围内，德国、美国和日本仍然是智能制造发展的焦点地区。德国在 2013 年正式推出“工业 4.0”战略。2013 年和 2016 年发布的《确保德国制造业的未来—实施战略行动工业 4.0 的建议》和《实施工业 4.0 战略》，提出将物联网及服务技术融入制造业，希望通过将信息通信技术和物理生产系统相结合，打造全球领先的装备制造业，使德国成为先进智能制造技术的主要创造国和供应国【1】。美国 2009 年开始制造业回归，通过智能制造解决美国制造业在人力成本等方面的劣势，重振美国高端制造业。2012 年和 2014 年先后发布 AMP（Advanced Manufacturing Partnership）报告《获取先进制造业国内竞争优势》和《加速美国先进制造业》，明确了三个制造技术优先领域（制造业中的先进传感、先进控制和平台系统，虚拟化、信息化和数字制造，先进材料制造）及技术战略建议【2】。此外，日本也是智能制造领域发展的一大亮点。作为机器人领域强国，日本于 2015 年提出“机器人新战略”，通过将机器人与 IT 技术、大数据、网络、人工智能等深度融合，在日本建立世界机器人技术创新高地，营造世界一流的机器人应用社会，继续引领物联网时代机器人的发展【3】。

1.1.2 我国智能制造发展面临的机遇和挑战

作为国家间经济竞争的主战场，制造业在中国经济转型升级以及国际分工重新划分中占据着至关重要的地位，决定了这次“史诗级”战役的成败。在高新技术密集爆发的大背景下，智

能制造无疑是制造业发展的重要驱动力，是推动制造业高质量发展的主攻方向。大力推进智能制造发展，是创造新动能、打造新优势，不断增强核心竞争力，推动我国产业迈向中高端的关键举措。

在政府层面，国家和地方一起发力，积极制定政策驱动智能制造，为我国智能制造发展把握好大方向。国家层面，2015 年，国务院发布实施制造强国战略第一个十年行动纲领《中国制造 2025》，提出实现制造强国的战略任务和重点之一是要推进信息化和工业化的深度融合，要把智能制造作为两化深度融合的主攻方向【4】。2016 年，工信部、财政部发布《智能制造发展规划（2016-2020 年）》，提出智能制造发展“两步走”战略【5】。2017 年 11 月，国务院发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网指导意见》，提出要加快建设和发展工业互联网，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，发展先进制造业，支持传统产业优化升级【6】。2019 年政府工作报告中，习近平总书记提出，要推动传统产业改造提升。

同时，中央经济工作会议于 2018 年首次提出“新基建”这一概念，至今已有 7 次中央级会议或文件明确表示加强“新基建”。“新基建”提出的 5G、特高压、城际高速铁路和城际轨道交通、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能、工业互联网七个方向的建设内容，适应中国当前社会经济发展阶段和转型需求，在补短板的同时将成为社会经济发展的新引擎。特高压、城际高速轨道交通、新能源汽车等应用行业的竞争力建设依赖于智能制造相关技术的快速发展，而 5G、大数据中心、人工智能、工业互联网等基础性技术的进步，又将持续推动我国智能制造技术升级的脚步。新基建目标的提出，为我国智能制造升级进一步明确了方向，提升了内在推动力，夯实了技术基础。作为数字经济的发展基石、转型升级的重要支撑，新一代信息技术引领的新型基础设施建设已成为我国谋求高质量发展的关键要素【7】。

呼应中央政策，围绕推动制造业高质量发展，强化工业基础和技术创新能力，促进先进制造业和现代服务业融合发展，加快建设制造强国。地方层面，各省市利好政策不断出台，催生了大批智能制造产业链企业。广东、福建、安徽、江苏、北京、天津等省市结合自身发展情况，纷纷提出了地方智能制造发展规划，推动智能制造发展，并在智能制造链条上建设了大量的产业园区，孕育了一大批智能制造产业链企业，成为中国智能制造产业的重要承载地和孵化器。根据《世界智能制造中心发展趋势报告（2019）》统计，我国共有 437 家智能制造类产业园区，覆盖全国 27 个省市【8】。与此同时，《中国制造 2025》、工信部《智能制造发展规划（2016-2020 年）》等一批规划纲要也提出把全面推行绿色制造作为实现制造强国战略目标的重要内容，积极追求绿色、智能、可持续的发展，实现与智能制造相互补充，相互促进【9】。

然而，我国工业化和经济现代化起步较晚，制造业总体水平不一，创新研发实力相对薄

弱，智能制造发展面临诸多挑战。

首先，工业基础设施和核心技术创新能力不足，对外依存度高。与欧美等发达国家相比，我国在传感器、高端芯片、基础软硬件等方面瓶颈突出，关键核心技术受制于人，严重制约了我国智能制造的发展。以传感器举例，作为工厂智能化转型的基础条件，传感器在汽车、电子等离散行业的数据采集上拥有大规模应用。然而，全球电子传感器市场被博世 BOSCH、MEAS、罗克韦尔 ROCKWELL 等国外企业垄断，国内传感器大多依赖进口，自产传感器几乎全是低端产品，难以跻身高端市场竞争。

其次，信息化、智能化水平整体滞后。由于我国制造业体量庞大，一些先进的制造业企业正积极探索从机械化、自动化向智能化、信息化发展，但是很多企业仍然未完成数字化升级，与人工智能等前沿技术的融合还处于初级阶段，我国制造业距离真正的智能制造还有很长距离。再次，产业结构待改善，低端制造业市场同质化竞争严重。我国低端产业产能过剩，先进装备、核心部件、高性能材料等中高端产业的保障能力不能得到有效满足，导致我国装备制造业低端市场同质化竞争严重，中高端市场发展缺乏技术和基础设施支持。

最后，专业人才数量欠缺。智能制造产业相对于传统制造业对于高素质人才的需求更为明显，而且更需要懂得多方面知识与技能的复合型人才，对于高端专业人才的需求更是极为迫切，但是我国在高端、复合型人才数量上严重欠缺，难以满足智能制造领域的扩张需求。面对上述问题，我国要推动智能制造快速发展，需要从基础软硬件、核心技术、网络、生态等各方面入手，扎扎实实做强根基。

1.2 智能制造的发展趋势和路径

1.2.1 智能制造的定义及发展趋势

我国在《智能制造发展规划（2016-2020 年）》中对智能制造给出了明确定义：**智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式【5】。**具体来说，智能制造包含两层含义。第一是“智能”，包含人工智能、云计算、大数据、物联网、5G 等新一代信息技术与先进制造技术。第二是制造，包含制造业研发、设计、供应链、生产、销售、服务等全价值链产业链各个环节和人、机、料、法、环、制造过程各个生产要素，以及基于产业链协同打造的绿色制造。从实践意义上来说，智能制造即各类新技术在制造业全价值链及生产过程中的应用。跟传统制造相比，智能制造具有如下发展特点：

第一，新技术的快速应用和不断加深。越来越多的新技术应用到制造业中，与制造业深度

融合。其中包括：

（1）智能终端。传统机器和设备的智能化将大幅提升生产柔性，提高产品质量和生产效率。通过把 RFID/传感器嵌入到工业设备中，将“物联网”与互联网相融合，物理世界与虚拟世界相融合。工业机器人的应用将人类从危险、繁重、重复的劳动中解脱出来，控制和加快库存周转率，提高劳动生产率；

（2）物联网和边缘计算。通过物联网数据整合全量 OT 域数据、边缘分布式计算和开放的架构，实现工业大批量数据的实时处理，确保工业设备的远程监控和实时响应，实现对人员、设备、物料、工艺、环境的实时管控和智能决策。

（3）混合云及云计算。企业将安全性、敏感度要求不高、需要快速部署的应用放在公有云上，将企业传统核心应用或者安全性需求较高的应用放在私有环境或者私有云中，形成混合云部署方式，使数据暴露达到最低限度，最大程度保证企业数据安全。

（4）网络技术。基于 5G 技术高速率、低延时、大规模设备接入等特点，各系统可直接进行快速的无线传输和控制，工厂和园区无需布置复杂的线缆，数据的传输将更加迅速、安全、实时。随着 5G 的部署使用，智能机器人可以自主化的在工厂里移动，按需完成各种任务；产线可以更加灵活调整各设备位置，灵活分配任务和产能。生产线的柔性将会达到一个新的高度。

（5）人工智能。人工智能技术和制造业深度融合，使得制造系统具备学习能力。通过深度学习、增强学习、迁移学习等技术的应用，智能制造将提升制造领域知识产生、获取、应用和传承的效率。例如，利用机器学习技术分析和训练产品缺陷，形成控制规则，在实际产线上，通过增强学习技术和实时反馈，控制生产过程减少产品缺陷，同时还可以集成专家经验，不断改进学习结果。

通过以上技术，将灵活地为客户打造“透明化生产、数字化车间、智能化工厂”，降低人力成本、提高产品质量、提升生产整体协作效率、为促进制造业高质量发展提供坚实的技术和基础设施支撑。

第二、从“人、机、料、法、环“的生产环节要素到 “研、产、供、销、服”的制造型企业全价值链的优化。制造型企业传统的业务优化集中在以 MES（制造执行系统）为核心的生产环节中，包含人员、设备、物料、方法和环境等生产要素。对于制造型企业来说，将制造过程中各种信息进行准确采集和有效集成，及时准确掌握制造过程中的动态信息，从而为提高生产效率和制造资源利用率提供支持。然而，就企业整个产品生命周期而言，仅重视生产环节数据已经不能够满足企业业务优化的需要。例如：在要实现产品的服务化转型，必须通过跟踪和采集产品售后使用数据，不仅可以帮助设计者找出产品存在的短板加以改进，并且能够帮助企业为客户提供更多产品增值服务，实现从卖产品到卖服务的转变。这其中涉及的不仅包括生产端

的数据，还包括产品销售、使用、服务等一系列数据。因此基于数据的业务分析和优化必须延伸到产品研发、生产、供应、销售和服务全价值链，只有实现生产制造要素和全生命周期链数据的结合，才能实现制造型企业整个价值链的优化。

第三，从各个企业“孤立建设”到智能制造生态系统协同发展。

智能制造的实现是一个逐级推进的复杂工程，涉及企业执行装备层、控制层、管理层、企业层等企业系统架构的纵向集成，涉及本企业研发、生产、供应、销售、服务等产品全价值链的横向集成，还需要进一步推动企业上下游之间、行业之间的更大范围协同，具体包括：

（1）上下游产业链企业和用户共同参与。在上游，将制造业数据导入云端，利用新一代信息技术和平台连接产业上中下游，形成智能预测与快速反馈结合；在下游，请客户和最终用户共通参与面向细分市场的产品需求规划，汇集制造资源和解决方案，形成共生共荣的智能制造生态系。

（2）智能装备、物流仓储、软件企业和服务商等细分行业的协同创新。限于资金投入不足、技术研发周期较长以及工艺壁垒较高等因素，单个系统解决方案商难以同时满足各个细分行业的智能制造发展需要。因此，需要行业自身，以及关联行业之间加强协同和创新，强化智能制造系统解决方案供应能力。最终，由多个提供单一产品或服务的供应商共同构建整个协作系统，造就全新的智能制造产业链，形成融合发展的生态圈。

（3）政产学研用联动的创新体系。政府通过财政资助、建立标准和制度，发挥统领和激励作用，企业通过深化供应链上下游紧密合作、加大自身研发力度，强化创新主体作用；高校与研究机构通过多种方式加强和企业的合作，发挥组织牵头和技术支撑作用。在全社会的范围内，形成产、学、研、用的智能制造联动体系，发挥各级创新机构的最大效能，减小风险，放大成果。

1.2.2 智能制造的目标和方法

智能制造发展规划（2016-2020）中提到，加快发展智能制造，对于推动我国制造业供给侧结构性改革，打造我国制造业竞争新优势，实现制造强国具有重要战略意义【5】。由此可见，我国发展智能制造的目标是为了优化产业结构，打造竞争优势，从而实现制造业高质量发展，促进从制造大国向制造强国的转变。

要充分发挥新一代智能制造技术在制造业中的能动性，必须将制造技术和制造业生产过程相结合，通过统一平台整合、调配所有制造资源，实现制造资源的横向和纵向协同。我国当前推动建设的工业互联网平台，正是这一策略的具体体现，是智能制造实现的重要基础。工业互联网的发展，需要在基础设备、网络通讯、数据分析和智能算法等关键技术上获得持续的突破，获取到强有力的支撑。作为“新基建”的重要组成部分，工业互联网不仅仅是一个云端软件平

台，而是边缘计算、云计算、大数据、物联网、人工智能等关键技术的综合性应用。

从架构上看，工业互联网平台主要包括如下 3 个层次。

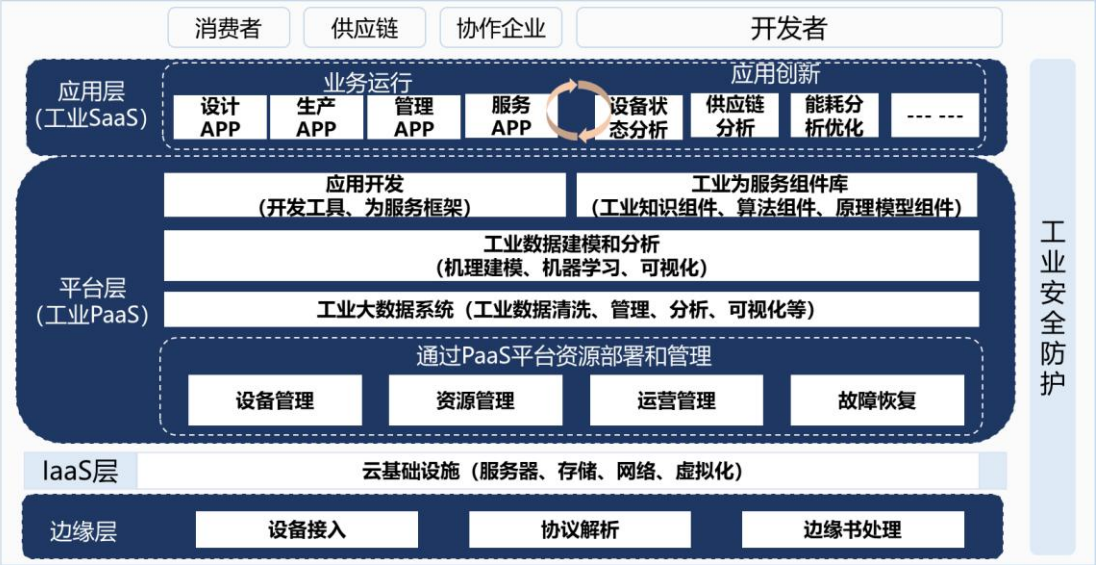


图 1-1 工业互联网平台标准体系框架-平台参考架构【10】

边缘层：提供设备接入、协议解析适配、多源异构数据整合、边缘数据存储、处理、以及智能分析、实时控制等多种现场能力，并且和云平台协同实现多种高级分析和业务协同。

平台层：提供海量计算、存储资源部署与管理能力、海量异构数据的处理能力和工业数据建模与分析能力；支持制造流程引擎、数字孪生引擎、人工智能引擎，并提供开发工具、微服务框架、工业微服务组件，支撑工业 APP 的开发能力。

应用层：提供从需求分析、产品研发、生产制造、过程控制、供应链协同到营销服务的各类工业 APP 及 APP 框架，涵盖智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等全价值链应用。

智能制造的发展，需要工业互联网相关技术作为基础和助力。通过智能设备、物联网和边缘计算，帮助企业实现人、机、料、法、环，全制造过程和研、产、供、销、服全价值链的泛在连接；基于大数据技术和云计算混合架构，实现海量工业数据的存储、管理、计算、分析。通过工业机理和人工智能的结合，实现知识的积累、固化和资源化；通过全平台资源的统一管理、调度，提供开放的工业 APP 开发环境，实现工业 APP 在智能化生产、个性化定制、网络化协同，和服务化转型等典型工业场景的创新应用，促进产品质量和生产效率的提高，降低企业生产成本，加快技术和产品创新，提高我国制造业整体竞争力，实现制造业高质量发展的长期目标。

第二章 联想智能制造实践和方法论

2.1 联想智能制造发展概况

随着社会消费群体的快速更新发展，新一代客户倾向于使用更加彰显个性的定制化产品。生活节奏的加快也促使用户期望生产厂商能够更快的响应需求，并且在服务方面也得到更加敏捷的反馈。

局部贸易协作的不确定性，全球性流行疾病等突发态势对企业上下游供应协同提出更高的要求，如何通过更高效布局、行业间协作构建稳健的供应生态需要更深入的关注与思考。为了满足日益增长的消费需求，应对复杂多变的内外部环境，联想积极推进制造智能化转型，从传统制造向数字化、智能化制造迈进，追本溯源，打造智能制造核心竞争力。

- 战略引领 – 以国家智能制造相关政策为指引，大力推进智造智能化进程，同时依托联想 3S 战略，支撑智能物联网、智能基础设施，布局行业智能。
- 以人为本 –创建数字化、智能化转型环境，赋能员工，发展自动化、数字化应用，提升产品体验及用户黏性。
- 技术助推 – 充分运用物联网、数字孪生、大数据、AI 等前沿智能制造技术，通过单点试点验证并推广，借助新技术优势推动自动化、数字化、智能化持续迭代升级。
- 产业协同 – 打造灵活高效产业链布局，协同上下游资源及行业生态圈，形成可靠的信息资源共享机制及生态圈赋能，实现可持续发展。

作为全球化企业，联想也在积极探索并实施绿色供应链、绿色生产，支持可持续发展，确保环保合规、防止污染及降低对环影响、努力开发领先业界的环保产品，以及持续改善全球环境表现。联想通过“绿色生产+供应商管理+绿色物流+绿色回收+绿色包装”等五个维度和一个“绿色信息披露（展示）平台”来打造公司绿色供应链体系，生产制造部门确保遵守《电子行业公民联盟（EICC）行为准则》及所有适用规例，并重点关注生产厂内的职业健康及安全问题，针对生产制造过程中的能源消耗问题，联想通过降低经营活动中的范围一、二的碳排放，提升再生能源的使用量和加强绿色工艺的开发、推广使用来降低排放，如联想在行业内首次突破了低温锡膏绿色制造工艺，与原有工艺相比减少 35%碳排放量，并在集团内部全面推广使用该绿色制造技术。

2.1.1 联想智能制造的发展历程

早在 2013 年，联想就启动了以数据智能为核心的智能化转型。基于自有技术的成功应用，联想逐渐形成了覆盖企业全价值链的智能化技术和管理体系，成为公司智能化变革战略落地的核心竞争力和强大支撑。

一方面，联想积极推进供应模式的转变，从原来的库存驱动模式满足客户需求，调整到以客户需求驱动方式为主来实施整个供应链的管理。联想的运作模式采取按订单生产结合安全库存的方式，根据客户的订单来判断和指导实际生产调度。另一方面，联想制造立足于以精益生产为基础，通过大力打造以“自动化+信息化”为核心的数字化，向最终实现智能化的目标努力。

以精益化为基础：精益是生产制造根基，联想自始至终持续开展精益改善，通过精益化流程改造，贯彻精益理念，推行准时化，消除生产浪费，增强绿色精益制造能力，夯实工厂运营基础，精益化是工厂数字化和智能化转型的基础和必由之路。同时，面对数字化、智能化转型趋势，精益生产也需保持与时俱进，适应新的变革需求，如引入数字化管理工具，升级精益数字化管理能力等。

持续推进自动化： 以业务持续优化为前提，结合流程再造，推行生产自动化。从单点自动化着手提升工序效率到生产端到端自动化验证推行，完成生产线整体效率、产品质量的改善 。同时赋予数字化能力，打通并采集设备生产运行数据，建立可视、分析、控制闭环能力，构建设备三维模型，基于物理设备与模型的实时交互实现设备智能监控 、预测优化等智能化能力。联想合肥工厂通过融合精益理念，整合现有工艺流程、流程优化再造和新技术应用，将组装、测试、包装连接成一个流，打造了一条高柔性的、自动化生产线，实现提质增效、节省人力的效果。

自动化同时需顺应未来智能化需求，从柔性生产、人机协作等方面着手打造具备智能化能力的自动化。主要包括，第一，模块化设计：生产流程标准化、设备模块化，支撑多品种小品混线的柔性制造，同时具备高可靠性、易维护的特性。第二，人机协作：实践高效的人机协作方式，实现自动化率与成本的最佳组合。第三，智能自动化：基于设备数据、生产数据的采集、分析、决策，实现自动化的智能优化与调整，实现自动化的闭环管理。

加速数字化应用落地：借助业务流程及数据间集成共享，实现企业内部运营、外部生态的全链路互联互通及透明可视，数字化阶段主要特征表现为：第一，设计：包括模型驱动的产品、工艺设计及优化，产品工艺与生产流程仿真验证，不仅缩短导入周期，同时支持产品与制造通过协同平台进行实时互动，为新品和客户需求提供快速解决方案，支撑产品全生命周期数字化能力。第二，供应：以客户为中心，包括构建计划、采购、物流等一体化的协同协奏，提供精

准透明、高效的数字化供应能力。联想 SCI (Supply Chain Intelligence) 集成内部、销售前端以及合作伙伴在内的生态圈系统，通过数字化工具将供应链活动与其他管理系统连接到同一个平台，实现端到端可视管理。第三，制造：包括生产横向、纵向及端到端的信息集成。联想工厂通过内部开发的全球生产智造系统 MI (Manufacturing Intelligence) 实现生产数据采集、运营状态可视化及实时生产预警，同时各工厂的数据在此系统进行汇聚整合，形成制造整体运营可视化及跨工厂、跨业务的管理能力。第四，服务：连接了客户及产品，支持实时可视化交互，实现了以客户为中心的服务转型，联想提出了服务供应链协同解决方案，分层次解决服务备件执行中的协同问题，打通备件预测、计划、采购、供应流程，实现信息发布协同，供应数据协同等服务供应数据全链条的可视化。

不断探索智能化场景：大数据、云计算、人工智能等技术的发展及应用，促使智能技术与制造融合，推动智能化进程，实现业务的精准响应、实时优化及智能决策。借助联想“智能大脑”平台，依托于数据而非经验的精准高效智能化决策将逐步替代人工决策，并且已经实现了以下两个方面，第一，智能生产排程：从真实数据出发创建仿真环境，通过深度强化学习算法引擎，数秒内即可找到全局最优的排产方案，能够实现真正意义上的智能实时调度。第二，智能客服机器人：支持多模态、多社交渠道、多语言的端对端智能客服，与真实客服代表无缝集成，并且内置大数据平台，基于大数据实现系统自学习，自动生成案例用于未来分享。

未来智能化将重塑设计、制造、服务等产品生命周期的各环节及其集成，催生新技术、新产品、新业态、新模式，影响并改变生产方式以及运营模式，以人工智能为代表的智能制造将给制造业带来革命性的变化，成为制造业未来发展的核心驱动力。

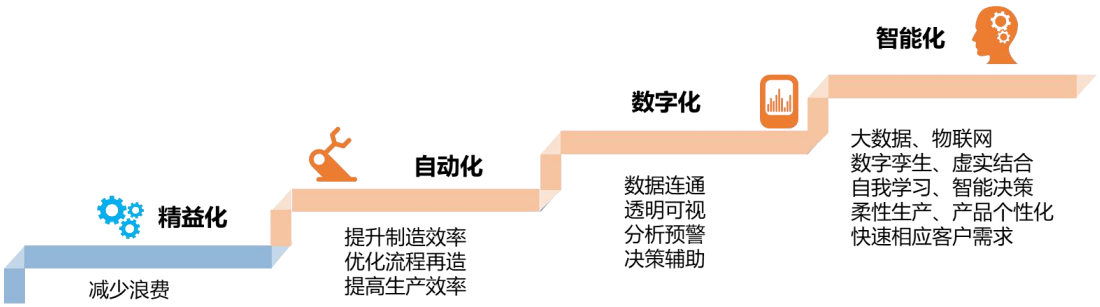


图 2-1 联想智能制造历程

智能制造发展各阶段具备自身的特点及需重点解决的问题，体现了先进技术与制造融合发展的阶段性特征。与此同时，智能制造各阶段并非绝然分离，而是相互交织、迭代升级。对于不同企业所处的阶段差异，应结合企业目标定位、产品特性、实际业务需求等客观因素，灵活运用，并适时采取“并行推进、融合发展”的实施路线。

2.1.2 联想对智能制造的认知理解

联想基于自身产业特点提出了自己对智能制造的认知，联想认为智能制造应该是贯穿企业制造整个链条的全面、系统的智能化， 是运用物联网、大数据、人工智能、5G、区块链等新兴技术来构建具备产品个性化、供应协同化、服务主动化、决策智能化的全流程的绿色智能协同生态链。

产品个性化：联想作为全球最大的智能设备制造商，每年设计、生产、销售 PC，手机和服务器产品超过 1 亿台，已累积大量满足多样客户个性化需求的领先经验。联想致力于让客户能做最真实的自己。无论什么样个性化的需求，都可以在联想产品上得到满足。例如：如果客户想让产品上带有自己独一无二的印记，联想支持根据客户的个性化选择给产品“做个纹身”，甚至能把客户喜欢的图片在出厂时就直接印在笔记本电脑背盖上。

供应协同化：联想的全球供应链系统极其复杂，在全球拥有超过 30 家自有及合作工厂，2000 余家零部件供应商，280 万家分销商和渠道商，是 Gartner 评选的唯一连续五年进入全球供应链前 25 名的中国企业。联想与各合作伙伴互信互通，以信息透明打破种种数字壁垒。例如：在 PC 产量最大的合肥联宝工厂中，电子物料全自动仓储系统单日进出料 30000 卷，每 4 小时调取 2000 多种物料到产线。在智能协同的供应链系统的管理下，将复杂化为无形，工厂从备料到生产就像人们去无人超市买东西一样便捷畅快。

服务主动化：在智能化的新时代，联想将通过智能化的变革实现质量体系的优化升级，进一步完善产品质量标准，提高生产效率，为用户打造产品、服务和解决方案的最佳体验。联想致力于精准感知和预测客户需求，主动为客户提供他们需要但还未提出甚至还未意识到的服务。让客户无时无刻都能感觉到联想贴心服务的存在。

决策智能化：深度数据分析，AI 代替经验辅助决策。联想人工智能开放创新平台支持智能制造的整个价值链和广泛的应用场景。例如：在电脑显示屏检测方面，运用机器视觉采集照片，机器算法分析照片来替代人工进行判断，既高效又准确。而在智能化排产方面，联想利用订单计划整合系统，可以实现 90 分钟内 10000+次的订单与物料的匹配计算，得出能够满足客户需求和产能充分利用，并且给到客户明确的收货时间点的最优交付计划。

综上所述，联想对四化的理解，是以各种先进技术及其整合而成的应用方案为基础，从而实现在产品、供应链、服务、决策四大方面的核心功能和场景的目标。

2.1.3 联想智能制造的体系框架

基于自身在相关领域的实践和认知总结，联想提炼了指导制造智能化转型的体系框架，其框架构成主要包括四大部分。

第一，以智造技术为基础底层支撑，也是联想智能制造转型的源动力。第二，联想在技术方面重点识别并锁定了互联互通、柔性制造、虚实结合、闭环质量及智能决策五个关键的能力。同时，通过与“端、边、云、网、智”相互结合从而实现企业管理的智能化。第三，以“四化”的目标为努力方向，即产品的个性化、供应的协同化、服务的主动化、以及决策的智能化，这将是指引联想整个供应链体系智能化转型的关键。第四，通过“四化五能力”与“端边云网智’的协同，逐步实现”研产供销服“全价值链的智能化，从而实现为客户提供技术领先、稳定可靠的硬件产品以及为行业赋能转型，完成对于整个智能制造体系生态圈的转型。

图 2-2 联想智能制造体系框架

从技术到场景，再到功能，层层推进，赋能于公司的研产供销服全价值链，构建联想的智能制造的全面智能化，联想已将自己的定位调整为“智能化变革的引领者和赋能者”。

联想在深化自身智能制造的基础上，凭借数字化和智能化，联想使得端到端流程更加高效，业务更加可持续，与内部的智能制造、智能供应链，以及各种行业智能需求高度合拍。同时联想还将与供应商一起，通过协同打造智能生态圈和最佳行业智能化的解决方案，辐射全行业，做智能化变革的引领者和赋能者。

未来，联想将提供一体化、共性化的智能化解决方案，由点及面，用智能让靠经验做的判断变成 0 和 1，力争复制到行业内更多企业，助力各行各业变革。

2.2：联想智能制造方法论

推进“四化”目标，企业需要一套行之有效的战略和执行方法，将目标转化为每一项实际的规划、每一条具体的决策，以至每一个具体的项目。为了保证智能制造建设目标分解落地，联想清晰定义了战略、战术、策略作为其实施的具体方法论。

图 2-3 联想智能制造方法论

首先是战略 LMO（Lenovo Manufacturing Outlook），联想制造展望。每年参考业界数百篇专业咨询机构的报告，走访交流数百家咨询公司及标杆工厂，洞悉行业变化态势，组织形成联想内部 LMO 分析报告，从而制定、明确智能制造战略发展方向。

其次是战术 ZTW（Zone To Win），分域致胜。就像军事战争理论定义，运动战、阵地战、游击战，ZTW 提出针对不同类型的情况和对象采取不同的策略和方法，以期各战术能在各领域发挥最大效应。

最后是策略 TOC（Technology/Organizaiton/Culture）,技术/组织/文化三要素，工欲善其事，必先利其器，只有凭借技术、组织、文化三者的能力提升，才是成功转型的关键。

2.2.1 战略：联想制造展望-LMO

联想制造展望，研究如何做正确的事的方法论。联想和多家知名院校、标杆企业、业界顶尖咨询公司交流合作，先后与近百位专家开展多种形式地探讨，对大环境、各行业进行全景式扫描，通过分析启示、预测、建议、总结四步法，研究出适合联想的智能制造战略。

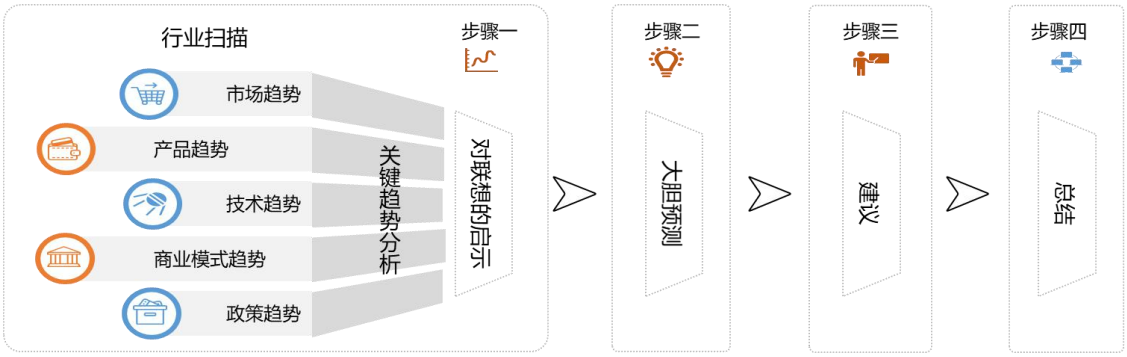


图 2-4 联想智能制造 LMO 概览

图 2-5 联想智能制造 LMO 实践案例

2.2.2 战术：联想分域致胜-ZTW

分域致胜是联想内部从上到下、在各部门广泛应用的方法论，明确如何正确地做事。通过分域管理，针对每个领域不同的特点投入不同的资源，设定有针对性的考核指标，能够帮助团队和部门在智能化转型千头万绪的工作中梳理出短期长期，轻重缓急的事项，配备不同的资源和策略，从而有条不紊的进行差异化的管理。

ZTW 根据战略制定的举措将各项业务和工作辐射到“转型域，绩效域，平台域，孵化域”四个区域，不同的域采用不同的管理方式，设定有针对性的目标，比如孵化域的举措目标，就不是通常关注的效率，成本等指标，而是在创新的应用实践和突破方面。

图 2-6 联想智能制造方法论-ZTW

2.2.3 策略：联想组织文化-TOC

明确了如何做正确的事和如何正确地做事之后，面向智能制造战略的组织文化建设能够提供源源不断的智力、灵感和资源，成为智能制造建设最根本的保障和基石。联想将智能制造技术和组织文化建设有机的集合起来，形成适合自身特点的技术、组织、文化（TOC）建设方法，共同支撑智能制造目标的实现。

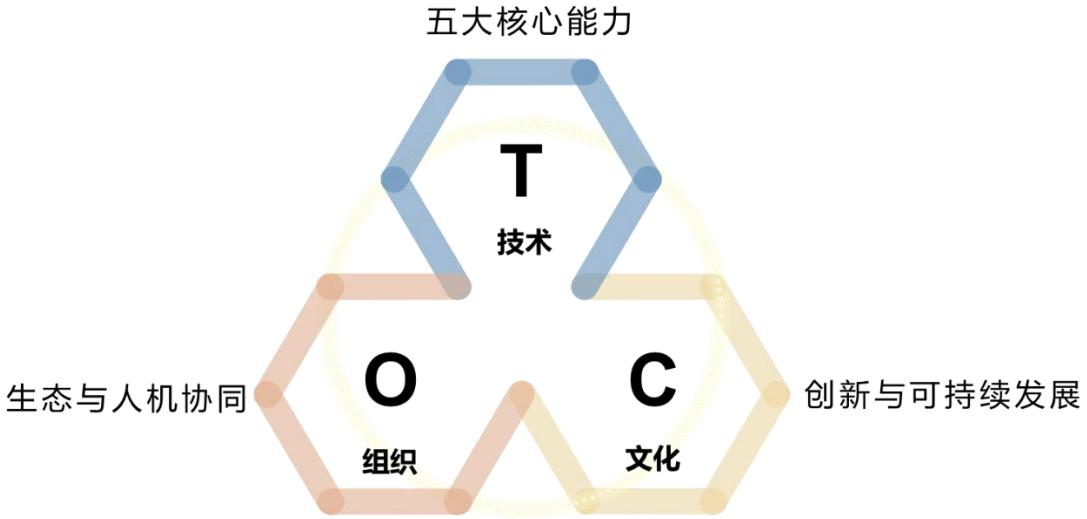


图 2-7 联想智能制造方法论-TOC

T-Technology 联想智能制造技术:

技术是推动智能变革的核心动力。联想基于对行业变革、技术演进深入的研究和理解，再结合联想的实践后，总结出智能制造核心能力“互连互通、柔性制造、虚实结合、闭环质量、智能决策”。以上五大技术能力特征相互联系，渗透在联想智能制造场景应用的每一环节，同时它们往往共同发力，作用于更加复杂的业务场景，共献价值。白皮书将在第四章全面阐述其相关定义和案例分析。

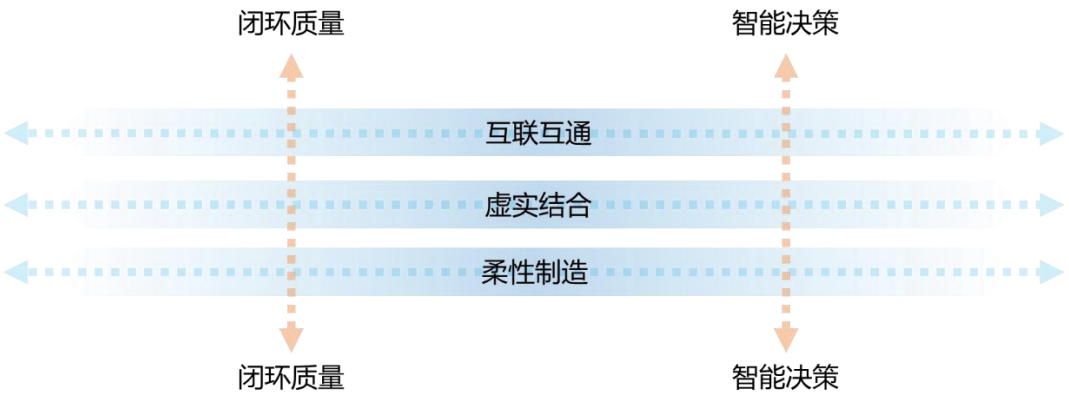


图 2-8 联想智能制造方法论-技术支撑

此五大技术能力通过与“端、边、云、网、智”的结合，从而达成四化目标，逐步实现“研、产、供、销、服”全价值链智能化。

O-Organizaiton 组织:

组织是确保智能化转型成功的重要保障。联想制造打出生态链接和人机协同的组合拳，应对在转型过程中的种种挑战。

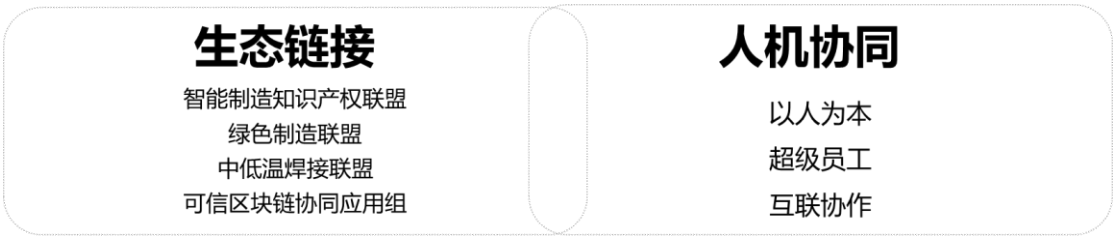


图 2-9 联想智能制造方法论-组织支持

智能化转型变革是个求新求变的过程。智能制造的组织除了需要考虑自身企业内部的组织重塑、流程重组之外，更重要的是关注生态系统的链接，联想除了在推动自身的组织内部的智能化转型之外更重要的是，希望把经验与方法，以及联想在这些领域的探索与实践，能够主动跟行业合作伙伴一起充分分享以及交流，在联想，既有智能制造生产、研发相关的实体团队，也有像全球制造工程技术委员会这样的虚拟组织。同时，与外界产学研相结合，建立产业联盟，也是保证组织创新活力的有效方式。联想与国家知识产权运营中心、工信部、信通院等等一系列的机构，共同发起成立了**智能制造知识产权联盟**、绿色智造联盟、可信区块链协同应用组等一系列的组织和行业的联盟机构，向着更深、更高和更专的领域去探索。

其中，智能制造产业知识产权联盟是 2017 年在国家知识产权局备案在册的产业知识产权联盟（国知联备 2017008），是国家第一个智能制造产业知识产权联盟。在 2019 年的全球智能制造大会上，智能制造产业知识产权联盟代表，联想集团董事长兼 CEO 杨元庆在大会开幕式中进行了主题演讲。自成立以来，智能制造产业知识产权联盟相继完成了智能制造产业导航、高价值专利培育、人工智能专利池构建等多项研究，逐步积累了行业创新数据，构建了创新数据库、人才专家库、创新项目库，搭建了行业创新与交流平台。

除了组织之外，人员当然对于我们整个智能制造转型是至关重要的。人员除了要培养、培训，在整个智能化时代联想更强调超级员工的概念。联想认为超级员工指的是员工除了自身技能与知识储备之外，还能够在技术的帮助下培育出全新的能力。超级员工将成为新一轮创新浪潮的坚实基础。未来的智能化领域，我们的设想是人和机器将更加充分的协同与互动，未来我们的技术和管理人员，不单是产品的专家、运营的管理专家更是数据分析专家、流程变革专家、自动化的技术专家，这些超级员工除了能够将这样一些技术应用到生产的领域来提高效率、提

高质量、满足客户的供应，更重要的是他们将在组织内部发起变革并推动变革，最终使得企业的智能化朝着产品更智能、流程更智能、企业运作更智能的终级目标去演进【11】。

C-Culture 文化:

文化是打造智能制造的基石，更是企业的根和魂。智能化的转型不是一日之功，这场变革比以往更加的彻底，更加的复杂，当然也更加的挑战。只有群策群力，全员参与，才有可能实现智能转型、智能制造的目标。

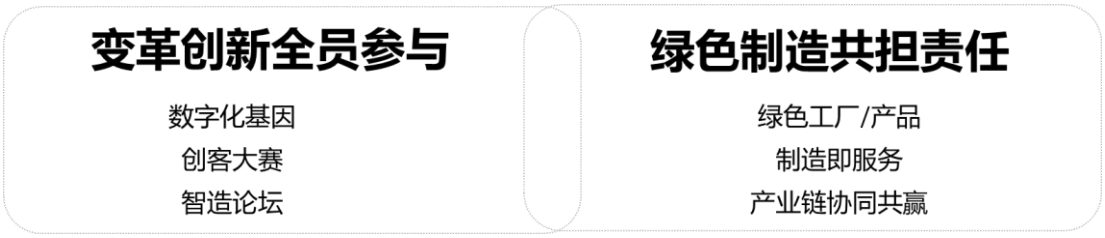


图 2-10 联想智能制造方法论-文化基础

在联想，推进智能制造采取的是一把手工程，从管理者到每一个员工全员参与。通过自上而下的宣讲、培训、竞赛，结合自下而上的创新、提案和双向融合，联想智能制造让每一位员工都身临其境，打造激励人心的转型变革氛围。同时，联想制造承担着社会的责任和期望。联想一直将制造视为一种服务，一种既能创造客户价值，又能营建诚信透明的协作环境，实现可持续绿色发展的服务。联想通过投资中国制造，实现产业兴国，回报社会。

第三章 联想智能制造关键技术

3.1：智能制造关键技术发展趋势

3.1.1 关键智能制造技术发展前瞻

我们正处在一个多类型、多领域技术交相辉映的时代，更多新技术的出现和突破，共同推动了制造业的新一轮革命的兴起。需要指出的是，技术的发展从来都并不是单一的、点状的，而是一个由一系列阶段形成的持续迭代，并且由多个相关领域共同促进的有机过程。这其中既有已有技术的持续发展革新，也有新技术的不断涌现进入。

在智能制造相关技术领域，制造业技术的发展正在由自动化、信息化主导，向着由数字化、智能化主导的新方向转变。为这个过程提供基础保障的，是设备、连接、计算、网络这几个基本技术领域的日新月异，主要体现在以下几个技术趋势上：

终端智能化：终端智能化主要体现在两个方面，一是底层传感器设备自身向着微型化和智能化的方向发展，为工业物联网终端智能化的发展奠定基础。另一方面是工业控制系统的开放性逐渐扩大，使得工业控制系统与各种业务系统的协作成为可能。

连接泛在化：网络连接是建立在工业控制通信网络基础之上。工业控制通信网络经历了现场总线、工业以太网和工业无线等多种工业通信网络技术，其主要作用是负责将人机界面 HMI（Human Machine Interface）、数据采集与监视控制系统 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)、可编程逻辑控制器 PLC(Programmable Logic Controller)、分布式控制系统 DCS（Distributed Control System）等监控设备与系统，同生产现场的各种传感器、变送器、执行器、伺服驱动器、运动控制器，甚至 CNC 数控机床、工业机器人和成套生产线等生产装备连接起来。

计算边缘化：边缘计算指在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台，能就近提供智能服务，满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。边缘计算中数据不用再传到遥远的云端，在边缘侧就能解决，更适合实时的数据分析和智能化处理，具有安全、快捷、易于管理等优势，能更好地支撑本地业务的实时智能化处理与执行，满足网络的实时需求，从而使计算资源更加有效地得到利用。

网络扁平化：智能制造体系架构正在简化，使得系统性能将得到进一步提升，同时降低软件维护成本。目前国内外已经建立服务于生产制造的全互联制造网络扁平化技术体系，支持信息在真实世界和虚拟空间之间智能化流动，实现对生产制造的实时控制、精确管理和科学决策。

服务平台化：在工业资源互联互通的基础上，将实时采集的工业资源状态数据上传至平台，对数据进行深入分析，产生全新的数据价值。同时，基于平台的开放能力，根据用户实际需求提供设备远程管理、预防性维护和故障诊断等服务。工业物联网平台面临着连接设备量巨大、应用环境复杂、用户多元化等问题。因此，提升连接灵活性、扩展用户规模、增强数据的安全性以及增强应用开发的简单便利等都是未来平台主要发展方向。

3.1.2 智能制造关键技术说明

智能制造的前景与技术趋势的浪潮相互作用，使得众多更加前沿、先进的技术进入到了制造业的领域，成为新的技术驱动力，推动制造业的产业变革。例如协作机器人、增材制造和混合制造、物联网、数字孪生、边缘计算、大数据、人工智能、5G 通讯等。

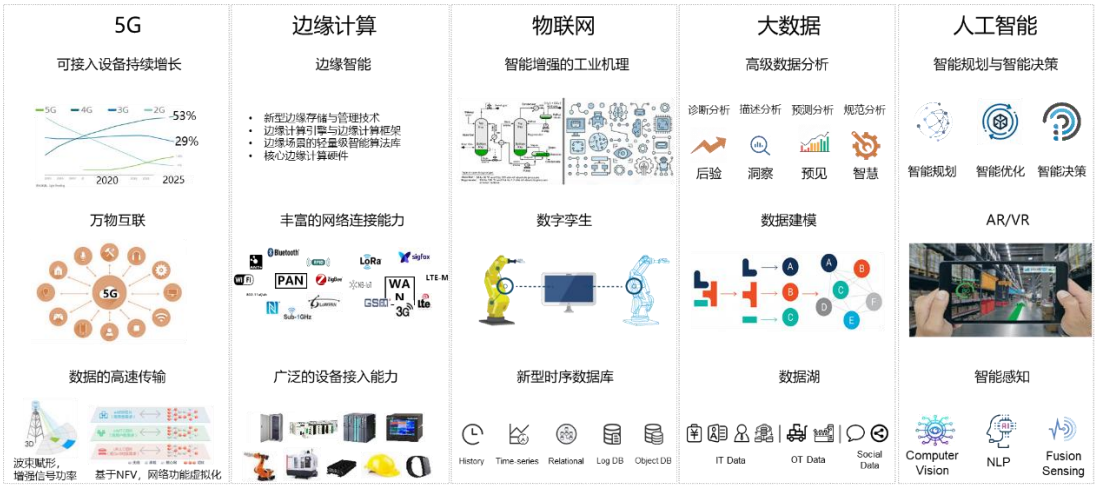


图 3-1 部分关键智能制造技术

协作机器人是一种人工和机器全新的合作模式，区别于全自动化的流水线机器人。协作机器人可以在柔性产线上和人工操作形成更加灵活的生产方式。例如由人工完成复杂、多变、且需要体力较轻的工作，而由机器人完成重复性的，稳定的，需要重体力的工作。单一工站在这种情况下能够完成多种不同品类、工序、标准的生产要求。人工和协作机器人的密切配合是精细化制造的典型场景之一，也是智能制造时代高度柔性生产线的重要组成元素。

增材和混合制造是融合增材制造、传统加工，并且结合新型的产品设计的一系列新型产品加工技术。增材制造不仅有利于制造个性化的产品，并且加工难度几乎和产品形状的复杂性无关。利用增材制造，可以使得零件成为一个中空、内部蜂窝状的形状，从而在不降低强度的情况下显著轻量化。增材制造配合专门的混合设计，可以进一步实现新型制造和传统加工的结合。在保证效率的前提下，支持个性化定制，同时显著降低产品成本，提高资源效率。

物联网，尤其是工业物联网将成为智能制造的感觉神经末梢。物联网重点突出了传感器感知的概念，同时也具备网络传输，信息存储和处理、工业应用接口等功能。使物与物、物与人之间的信息交流变成可能，最终将使人员、空间和物理世界融为一体。

5G 网络提供高连接速率、超低网络延时、海量终端接入、高可靠性等特性优点。这些特性将非常有利于 5G 替代现有的厂区物联网通信技术，尤其是 Wi-Fi，蓝牙等短距离通信技术，成为加速神经传输的快速通道。通过广泛的连接性，5G 可以提供支持海量传感器及设备高速接入的能力，形成更为广泛的智能制造连接载体。

区别于传统的设计仿真，智能制造所提出的数字孪生是在产品研发、制造、运营、服务等全生命周期的数字化反映，其中的要点是虚实融合。数字孪生不光是从实物产品映射到数字化模型，同时又从数字化映射到实物产品，把实物产品运营实际过程中的数据作为输入传到数字孪生模型中，从而优化实际的产品性能。

智能制造是工业大数据的载体和源泉，其各环节信息化、自动化系统所产生的数据构成了工业大数据的主体。另一方面，智能制造又是工业大数据产品最终的应用场景和目标。工业大数据描述了智能制造各生产阶段的真实情况，为感知、理解、分析和优化制造提供了宝贵的数据资源，是实现智能制造的基础。工业大数据、人工智能模型和机理模型的结合，可有效提升数据的利用价值，是实现更高阶的智能制造的关键技术之一。

云计算是智能制造的中枢神经系统，物联网的传感器通过网络线路和计算终端与云计算进行交互，向云计算提供数据，接受云计算提供的服务。物联网之所以能够促使工业大数据概念的形成，一个重要的原因是物联网能够产生大量的数据。这些数据不仅数量庞大，而且结构具有多样性，这对于传统的数据管理提出了极大的挑战，因此提出了大数据和云计算相结合的方式来处理物联网产生的海量数据。物联网、大数据和云计算的发展则最终指向了人工智能。物联网的体系结构包括设备、网络、平台、分析和应用，其中“应用”位于物联网体系的最高层，如果想提升整个物联网体系的运行效率，物联网自身必须具备自主决策的能力，把“应用”的主体从人转变为“智能体”，而这正是人工智能的研究领域。

3.2：联想智能制造技术的应用与探索

3.2.1 联想端、边、云、网、智建设整体说明

联想大力推进智能化转型，致力于做智能化变革的引领者和赋能者，结合在上一章节识别的智能制造关键技术，联想提出了“端-边-云-网-智”的体系架构。同时，其与五大技术能力“互连互通、柔性制造、虚实结合、闭环质量、智能决策”相结合共同支撑了联想打造业界最

佳智能制造的愿景。其中，“端”就是智能物联设备 Smart Iot 的终端，“边”是边缘计算，“云”是云计算，“网”是以 5G 为代表的数据传输的网络，“边-云-网”就构成了智能化的基础架构，而“智”就是行业智能的解决方案。

首先，在智能物联网设备-端的方面，包括生产过程涉及到的工业设备/机械臂、标签/RFID、传感器、AR/VR 设备、智能监控装备等。其所产生的数据为智能化变革提供了取之不竭的燃料。联想拥有业界最齐全的智能物联终端产品组合。联想致力于让现有的设备，包括电脑、平板、手机等等变得更加智能，使之能够实时连接、永远在线，并和其他的设备能够相互的协作，支持直接用自然的语言互动，从而主动适应用户的需求。

同时，联想还致力于让这些设备能够适应不同的行业智能的场景，从而成为新型的智能物联网的终端。这些设备所产生的数据将会源源不断地进入到统一的物联网平台，通过对数据进行智能分析，让数据焕发出新的价值。

其次，联想能提供端-边-云-网协同的一体化的基础架构计算力支撑智能化变革，尤其优化了端-边，边-网、边-云的协同，能够满足各行各业实现智能化不同的计算力需求。

智能物联网的发展，让更多具有数据采集功能的终端设备可以接入到网络，产生了海量的数据。同时，要求低延时处理的智能算法，推动了计算力从后端的中心算力向前端的边缘算力的下沉。5G 的发展也极好地支持了这样的需求。在边缘计算方面，联想拥有可以满足边缘端低功耗、高性能，以及严酷环境适应力边缘服务器和边缘计算云平台产品，满足在智能制造、智能安防等场景中对于近端实时计算，实时反馈的需求。

在云计算方面，目前多数企业的基础架构正在从传统公有云架构向私有云和公有云结合，即混合云的形态转移。在私有云自有数据中心，联想能够给企业核心应用来提供计算、存储和网络设备，联想也为需要更敏捷、弹性的客户提供软件定义的基础架构，为各种科学计算和人工智能的应用提供高性能计算。

此外，在公有云领域里面，联想为全球顶尖的云计算公司提供了 Hyperscale 超大规模数据中心的设备和基础架构的整体解决方案。同时联想还可以提供多云管理的产品和解决方案，可以满足客户数据中心算力和公有云算力互联互通的需求，从而实现算力的集中管理和分配。

在网络方面，5G 是推动智能化各要素发展的催化剂，它使得端-边-云可以更加紧密联系，协同工作。不仅更多的终端设备可以介入物联网，大量的计算、分析、判断可以在边缘实时的完成。网络基础设施也将走向软件化、虚拟化，从而实现云网融合。联想支持 NFV 网络功能虚拟化，可以大大降低 5G 建设成本，增强网络的灵活性。未来 5G 网路甚至可以被切片成一个个适应不同应用环境的虚拟专网。

联想的 5G 智能互联，能够为前端计算和后端计算之间，提供高速率、低时延和海量接入能力的物联通道，也可以为企业、园区、运营商等客户提供端到端的 5G 构建方案。通过以数据智能为核心的智能化转型，利用自有的技术，逐步形成了覆盖“研产供销服”全价值链的智能化以及管理体系，从而实现制造的提质增效，更好的满足客户个性化、定制化的需求。

3.2.2 端：智能设备

“端”是指智能物联网产品及设备，根据智能制造过程中数据流的计算过程，将智能设备分为数据采集类终端，数据传输类终端，数据处理类终端 3 大类 7 个产品系列。其中数据采集类终端负责对环境数据的采集、整合。数据传输类终端负责所采集数据的传输以及设备间各传输协议的转换。数据处理类终端负责在制造过程中完成复杂环境中各种算力要求的计算和部署。联想在智能设备端提供丰富的产品解决方案。

图 3-2 联想商用 IOT 设备组合

数据采集类终端：

- 智能传感设备 ECS（Edge Computing Sensor）：负责对复杂环境各种温湿度，气体，光感，重力倾斜，压力等数据的采集和整合处理。除了终端以外，联想还提供基于云的物联网可视化管理平台，这个平台采用业界主流的 PaaS 技术架构，基于大数据、AI、安全基础能力，实现了物联网的设备管理、连接管理，业务分析管理以及应用使能管理四大功能，适配各种通讯协议，可与第三方的应用、网关灵活对接，为物联网行业提供终端连接、应用创新、数据共享、运营支撑、集成服务等能力。
- 机器视觉设备：机器视觉设备是一个综合技术的集合体，包括图像处理、机械工程技术、控制、电光源照明、光学成像、传感器、模拟与数字视频技术、计算机软硬件技术(图像增强和分析算法、图像卡、 I/O 卡等)。一个典型的机器视觉应用系统包括图像

捕捉、光源系统、图像数字化模块、数字图像处理模块、智能判断决策模块和机械控制执行模块。目前非常典型的机器视觉设备形态包括，人脸识别，智能摄像头，物体识别计算台等类型设备。

数据传输类终端：

- 智能网关 ECG（Edge Computing Gateway）：工业网关是物联网和工控系统的核心组成器件。网关起的是链接计算设备和传感器的作用。它的基本功能就是将不同协议的终端传感器所获取的信息反馈给计算设备，同时进行协议转换。网关将汇总所有数据，转换传感器的协议，并在发送数据之前对其进行预处理。联想 ECG 边缘计算网关在零售业为代表的行业应用中通过各类接口连接店内各种生产设备, 实时采集数据，同步到云端管理后台的同时，在边缘端主动管控各设备的待机状态, 智能降低能耗, 并通过数据分析预测繁忙时段提前预热设备, 减少等待时间，加速交付效率。

数据处理类终端：

- 嵌入式计算设备 ECE（Edge Computing Embedded）：是一种加固的增强型工业计算机，是专门为工业现场而设计的机构紧凑的计算机。嵌入式工控机可以灵活的应用在对温度及使用空间等苛刻的制造环境中。 联想 ECE 系列拥有超小的尺寸，多样的安装方式，适合的算力和接口，并且可以适应震动冲击和零下 20 度到 60 度等严苛的工作场景，是物联网嵌入式的更好解决方案。
- 一体式计算设备 ECP（Edge Computing Panel）：在加固型增强型计算机的基础上，整合了可触摸或者不可触摸的屏幕，集显示计算合二为一的整体计算设备。可广泛应用在对屏显有需要的工业制造场合中。
- 工业计算设备 ECI（Edge Computing Industrial)：标准可上架，4U/3U/2U/1U,支持壁挂等计算设备，标准的结构设计支持丰富的拓展性，支持标准 ATX/MATX 等规格主板，支持 X86 架构各代处理平台，丰富的硬盘，显卡，接口等拓展性能。联想 ECI 系列向客户提供稳定性高，三年以上长生命周期、支持零下 20℃至零上 60℃宽温、支持 RAID（Redundant Arrays of Independent Disks）冗余镜像数据保护，具备丰富扩展接口的边缘工业计算产品，满足了客户对于系统连续性、稳定性和可靠性的运营管理要求。
- 单板计算设备 ECB（Edge Computing Board)：X86 或 ARM 的计算单板，可用于各种形态 OEM 设备的计算核心，拥有灵活的定制能力和完善的 BSP（Board Support Package）和驱动支持能力。联想 ECB 系列在硬件设计上，考虑到行业客户多样化的应用场景，客户可以选择标准的 ECB PR70 进行二次开发，也可以根据自身需求对硬

件规格进行定制设计。在软件的开放支持层面，ECB PR70 提供多种操作系统的适配，完善的驱动和板级开发包 BSP 支持，各种编译/刷写工具，应用场景 SDK（Software Development Kit）的开放. 为客户的快速开发奠定基础。可实现边缘与云端的智能衔接，ECB PR70 除了与联想物联网平台 LeapIOT 的无缝对接，并取得了多种第三方平台的认证，如微软 Azure，Amazon Greengrass、百度天工、阿里云等。依托于此，客户可以为企业构建基于智能制造、影像识别、多媒体交互等多种智能化业务场景中提供一个足够灵活，极富弹性的硬件平台。

3.2.3 边：边缘计算和物联网

随着智能终端设备和 5G 通讯的普及，更多的数据智能应用场景将会产生在企业、工厂、小区、楼宇，城市道路交通等现实生产和生活中。在这些场景中，数据需要更快的采集、处理、分析、反馈，贴近现场的边缘计算就是为了满足日益增长的海量数据和实时计算的要求而产生的。特别是工业企业通过部署工业物联网平台及边缘计算解决方案，可以实现工业底层产线、车间级资产的全面感知与洞察，数据的全量采集与智能化分析。

联想边缘计算与物联网平台主要分为感知控制技术、边缘计算技术、信息处理技术和安全管理技术。基于多年的制造业赋能实践，联想自主研发了工业物联网平台 LeapIOT，面向工业或泛工业领域。该平台针对用户的设备连接、系统协同、数据分析等需求，提供边缘接入、数据采集、时序存储、数据计算、数字孪生、数据可视化等能力，从而为企业提供从现场设备、传感器、仪表接入到智能应用服务的端到端解决方案。

从技术架构上，LeapIOT 物联网和边缘计算平台以边缘网关管理、设备数据接入、数据处理缓存、边缘计算为主，平台提供数据汇总、存储、计算、分析、建模与应用服务。边缘端到平台端通讯协议，完成数据上报、指令反馈、远程控制等多种功能。物联网平台对外部提供大数据、人工智能等相关平台的连接与调用能力，支持数据与接口的多系统集成。

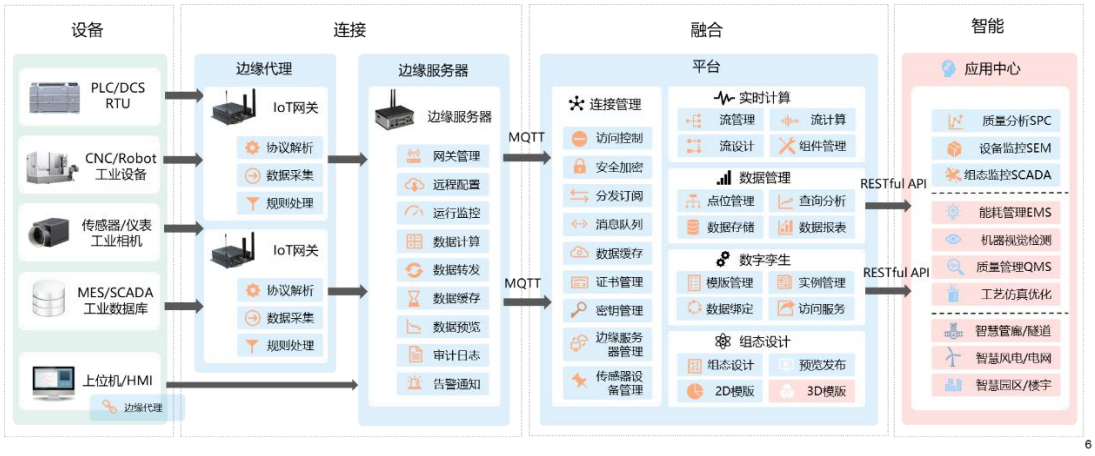


图 3-3 LeapIOT 物联网和边缘计算平台架构

感知/控制/设备层：工业传感器能够测量或感知特定物体的状态和变化，并转化为可传输、可处理、可存储的电子信号或其他形式的信息，是实现工业物联网中工业过程自动检测和自动控制的首要环节。工业控制系统包括监控和数据采集系统（SCADA），分布式控制系统（DCS）,和其他较小的控制系统如可编程逻辑控制器（PLC）。

边缘计算层：是以工业设备接入、工业系统接入、工业协议适配、工业数据采集为核心，提供近现场的数据计算、存储、分析能力。通过轻量级边缘计算框架，嵌入工业设备、网关、上位机，并且可根据计算资源，灵活的部署边缘端计算规则、分析算法或智能应用，实现工业现场设备互联、边缘智能化目标。

物联网平台，提供连接管理、数据管理、数据计算和数字孪生四大功能。

连接管理：包括边缘服务器或智能传感器（直连）的接入及状态监控，提供完善的证书与秘钥机制，保障接入与传输的安全性。连接管理提供了分布式的消息服务与响应架构，支持基于标准通讯协议的消息订阅与发布机制。支持百万级设备实时在线连接。

数据管理：基于分布式时序数据库，提供百万级数据点实时数据高效读写，高压缩比低成本存储，具有高性能，低成本，稳定可靠的特点。平台的数据管理还兼容传统工业实时数据库的测点管理模式，提供全局的点位管理及在线的数据趋势查询与计算分析工具。并提供数据可视化服务，支持拖拽式自定义统计图表、仪表盘，快速配置报表。

数据计算：以数据计算是以数据点为核心，对采集和存储的数据点进行二次加工与处理，形成新的数据点。通过数据字段处理、窗口计算、函数计算等，平台将复杂的业务处理流程转换为流程化的计算过程，并提供基于内存的高速计算引擎。同时，平台支持扩展的实时计算引擎，支持 IT、OT 多源数据接入，多目标输出，基于实时流计算，实现接入、计算、调度、存储来满足工业现场复杂、高效的数据处理需求，提供针对数据流的统计监控能力，保障数据的实时准确。

数字孪生：指构建物理设备在 LeapIOT 的数字化、智能化映射。平台基于属性、服务、事件、事件订阅构建物理模型，提供设备及服务的数据访问与反向控制能力，并且对外提供 Restful API 的方式满足任意场景的调用需求。该功能实现对自动化过程和装备的监视和控制，即通过边缘接入的数据，将信息以图形化等更易于理解的方式进行显示，并提供多终端呈现，从而将重要的信息呈现给相关人员。

3.2.4 云：混合云与大数据

混合云与大数据平台为企业智能制造在后端提供网络、存储、计算服务。 通过搭建企业级大数据分析平台，打破传统各系统烟囱式建设模式，实现跨专业、跨层级、跨主体、全过程的数据呈现、敏捷开发与能力嵌入，充分发挥数据的核心资产能力与价值能力，持续推动透明管

控、科学运营和价值创造。边、网、云协同的基础架构可以满足各行各业实现不同计算力的智能化需求。

基于多年的企业 IT 数字化建设和运营实践，联想已经建立起了一个基于混合云架构的统一的制造型企业大数据业务分析管理平台。借助部署在全球的 10 个数据中心，该平台能统一存储和管理联想全球的研发、生产、供应链、销售和服务业务数据，实现全价值链的数据整合和业务综合分析。目前，平台上日分析数据超过 3PB。

联想大数据平台 LeapHD 以工业大数据的全生命周期为主线，从纵向维度可分为平台、工具域和应用、服务域。平台、工具域主要面向工业大数据采集、存储管理、分析等关键技术，提供多源、异构、高通量、强机理的工业大数据核心技术支撑；应用、服务域则基于平台域提供的技术支撑，面向研、产、供、销、服等多场景，通过数据可视化、应用开发等方式，满足用户应用和服务需求，形成业务价值。

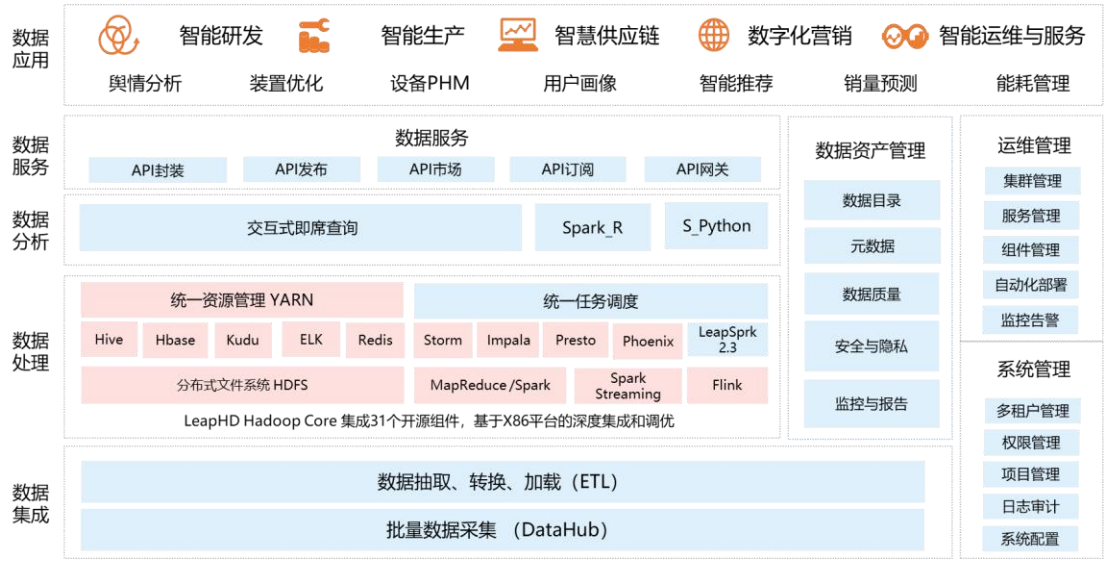


图 3-4 联想大数据平台 LeapHD 技术架构

联想大数据平台 LeapHD 技术架构层级具体划分如下：

数据采集层，包括时序数据采集与治理、结构化数据采集与治理和非结构化数据采集与实时处理。海量工业时序数据具有 7*24 小时持续发送，存在峰值和滞后等波动，质量问题突出等特点。需要构建前置性数据治理组件与高性能时序数据采集系统。而针对结构化与非结构化数据，需要构建同时兼顾可扩展性和处理性能的数据采集系统。数据采集层的数据源主要包括通过 ETL（Extract-Transform-Load） 方式同步的企业生产经营相关的业务数据、实时或批量采集的设备物联数据和从外部获取的第三方数据。

数据存储与管理层，包括大数据存储技术和管理功能。利用大数据分布式存储的技术，构建在性能和容量都能线性扩展的时序数据存储、结构化数据存储和非结构化数据存储等。基于

以上存储技术并结合工业大数据在数据建模、资产沉淀、开放共享等方面的特殊需求，构建数据模型管理、数据质量管理、数据资产管理、数据安全管理和数据共享管理技术体系。

数据分析层，包括基础大数据计算技术和大数据分析服务功能，其中基础大数据计算技术包括并行计算技术、流计算技术和数据科学计算技术。在此之上构建完善的大数据分析服务功能来管理和调度工业大数据分析，通过数据建模、数据计算、数据分析形成知识积累，以实现工业大数据面向生产过程智能化、产品智能化、新业态新模式智能化、管理智能化以及服务智能化等领域的数据分析。大数据分析服务功能包括分析模型管理、可视化编排、分析作业管理、工业专用、通用算法库和分析服务发布。

数据服务层，利用工业大数据技术对外提供服务的功能层。包括数据访问服务和数据分析服务。其中数据访问服务对外提供大数据平台内所有原始数据、加工数据和分析结果数据的服务化访问接口和功能；数据分析服务对外提供大数据平台上积累的实时流处理模型、机理模型、统计模型和机器学习模型的服务化接口。数据服务层提供平台各类数据源与外界系统和应用程序的访问共享接口，其目标是实现工业大数据平台的各类原始、加工和分析结果数据与数据应用和外部系统的对接集成。

数据应用层，主要面向工业大数据的应用技术，包括数据可视化技术和数据应用开发技术。综合原始数据、加工数据和分析结果数据，通过可视化技术，将多来源、多层次、多维度数据以更为直观简洁的方式展示出来，易于用户理解分析，提高决策效率。综合利用微服务开发框架和移动应用开发工具等，基于工业大数据管理、分析技术快速实现工业大数据应用的开发与迭代，构建面向实际业务需求的，数据驱动的工业大数据应用，实现提质降本与增效。数据应用层通过生成可视化、告警、预测决策、控制等不同的应用，从而实现智能化设计、智能化生产、网络化协同制造、智能化服务和个性化定制等典型的智能制造模式，并将结果以规范化数据形式存储下来，最终构成从生产物联设备层级到控制系统层级、车间生产管理层级、企业经营层级、产业链上企业协同运营管理的持续优化闭环。

此外运维管理层也是工业大数据技术参考架构的重要组成，贯穿从数据采集到最终服务应用的全环节，为整个体系提供管理支撑和安全保障。

基于联想企业大数据分析平台，联想推动了以用户为核心，应用数据的企业数据化转型，目前平台上已经建立起超过 500 个专业分析场景，从事数据分析和数据开发人员超过 4000 人，形成自上而下的整体企业数据文化。

3.2.5 网：5G 与区块链

联想的 5G 能够为前端生产设备和后端控制、计算、决策能力之间，提供高速率、低时延和海量接入能力的物联通道。联想 5G 可以为制造业提供端到端的 5G 构建方案，即下沉到制造

业的 5G 终端、5G 无线接入网、5G 核心网能力。联想 5G 同时提供网络承载和边缘计算的融合。联想在 5G 领域有多年积累，目前申请的 5G 标准相关专利数已经超过了 700 件，并组建了云网融合事业部，专注于 5G 网络技术和应用。

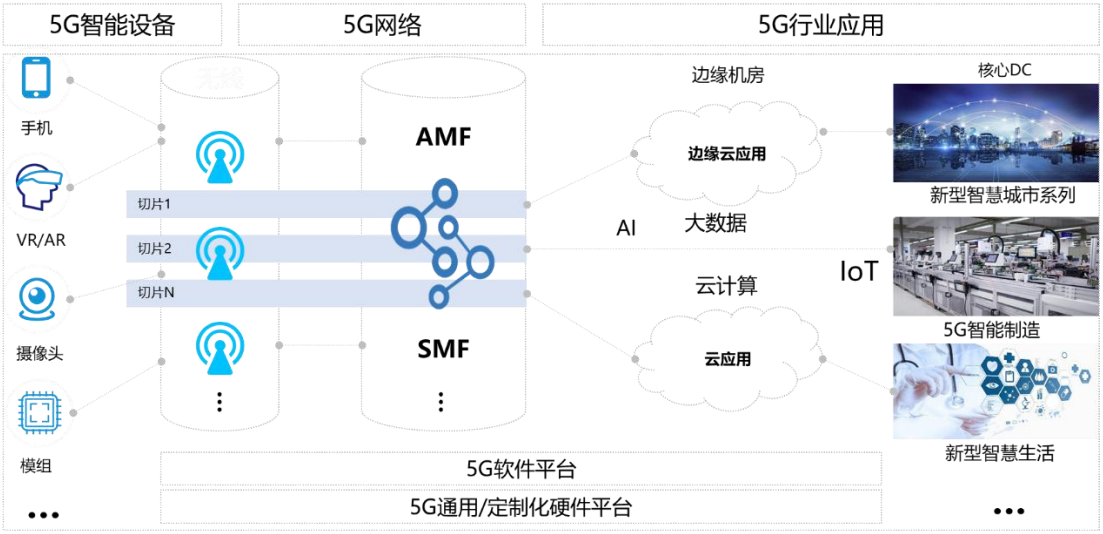


图 3-5 联想 5G 产品和解决方案

5G 网络是第一个为了解决机器通信，满足从高密度传感器到自动驾驶车辆等多种工业数字技术连接需求而设计的蜂窝无线网络。独特的功能组合使 5G 成为适用场景极其广泛的网络连接解决方案。4G 和 5G 之间的演进远远超越了带宽增加的范畴。例如，4G 提供的延迟 50 毫秒 （ms）左右的网络性能无法处理制造业中需要实时通信的任务，而 5G 可以提供低至 1ms 的传输时延，关键任务的实时通信需求在 5G 成为可能。5G 网络的三个典型场景都与智能制造关系密切：

第一，5G 增强型移动宽带 eMBB（enhanced Mobile Broadband）场景。其特点是在特定区域（如生产车间，测试区域等）向用户提供超高带宽的数据访问。它通过 5G 室内和室外覆盖提供最优化的用户连接服务，同时可以满足极端网络条件下高网络服务质量 QoS（Quality of Service）的网络业务。增强型移动宽带场景支持多用户交互、增强现实和机器视觉等用例。该场景提供高度增强的无线宽带接入，以支持 4K/8K，VR/AR 等视频上下行的需求，同时提供无处不在、随时随地的通用无线宽带连接，可以在覆盖区域提供稳定一致、支持分层的用户网络服务。例如保障单个用户的下行在 500Mbps 以上、上行在 30Mbps 以上、时延在 30ms 以内。作为第五代移动蜂窝网络，5G 支持用户高速移动中的宽带接入。例如为高速移动无人驾驶车辆提供稳定的网络服务，同时提供不间断的区间切换能力。

第二，5G 高可靠性低时延连接 URLLC（Ultra Reliable Low Latency Communications）场景。其特点是连接同时满足 1ms 级别时延和极高的可靠性（99.999%）。5G 高可靠性低时延连接场景的标准会在 3GPP 5G Release 16（2020 年 6 月）版本中确定。该场景主要针对关

键业务，对可靠性、可用性和低延迟要求非常高。在制造行业中，关键业务占用的带宽相对较小而传输失败的代价很大。解决关键业务通信可以为制造行业带来可观的直接收益。高可靠性低时延连接场景的延迟范围从 0.5 毫秒到 5 毫秒不等，常用于机器通信。高可靠性低时延连接场景可以用于实现工业过程自动化、智能运输系统等各个领域的动态流程的实时控制、流程自动化、人机交互、实时生产监测等。

第三，5G 海量机器通信 mMTC（massive Machine Type Communications）场景。该场景解决了大规模机器到机器的 M2M （Machine to Machine）的连接与通信。eMTC 支持生产制造区域、跨区域分布式站点，或根据供应链部署以及制造商与其最终客户之间的大规模物联网 IoT（Internet of Things）连接。海量机器通信解决了新兴的低功耗广域 LPWA（Low Power Wide Area）网络覆盖对低成本设备、扩展覆盖范围和长电池寿命的需求。海量机器通信的场景会成为 5G 新场景中很大的一部分，其中包括越来越多的设备互联，如传感器、PLC、摄像头等。

5G 和边缘计算的结合，使制造业可以将传输的生产数据直接在生产区域落地，改善传输时延、降低回传带宽，增强数据安全性和业务可靠性。同时，边缘云平台可以获取 5G 网络性能、用户位置、用户身份等信息，这些信息可以协助边缘云完成大数据应用、人工智能应用的编排，有助于企业形成新的生产场景。

联想的 5G 网络针对制造行业场景，可以定制网络的覆盖范围、性能、安全性和可靠性，以满足不同制造场景的需求。除了承载连接，定制化的 5G 网络还提供关键任务保障能力、弹性组网能力、兼容物联网设备的能力等多种网络增强或自定义功能。同时专属 5G 网络可以确保企业数字化进程中产生的大量数据能够在企业本地落地，可管理可追溯。完成生产要素数字化之后的互感与互联，实现透明的生产流程。

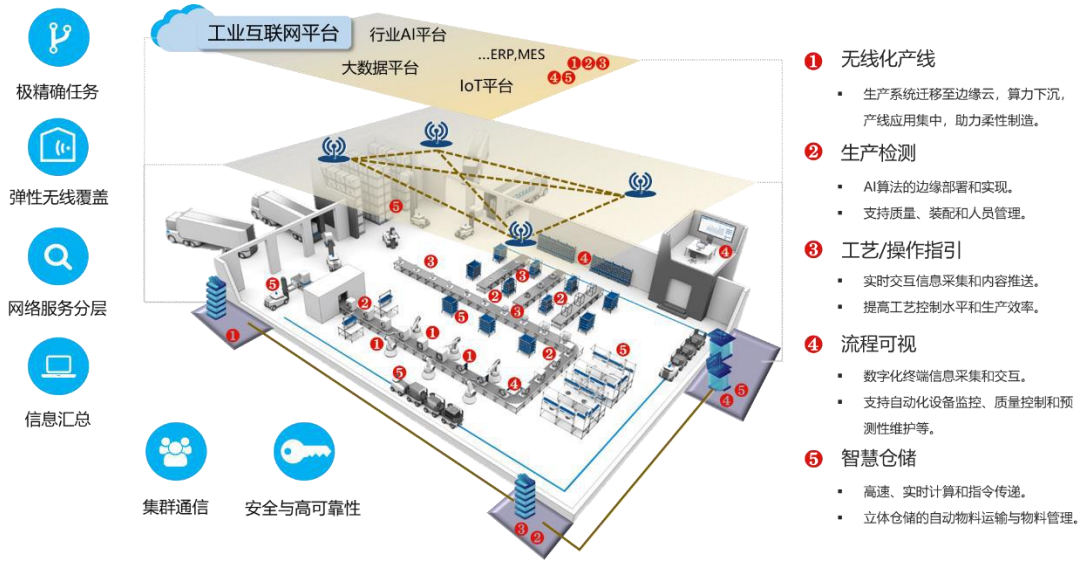


图 3-6 联想 5G 现场应用

联想率先打造并落地了开放架构的 5G 云基站解决方案，实现通信最后一公里云化。相比传统“黑盒子”设备，云基站解决方案基于开放参考设计的元成单元 ORD RRU（Open Reference designs Remote Radio Unit）以及通用 x86 服务器，上行无线信号通过 RRU 和分布单元 DU（Distribute Unit） 传输到云上（例如联想通用 x86 服务器），云上可同时部署虚拟化 BBU 以及边缘计算等其他应用。

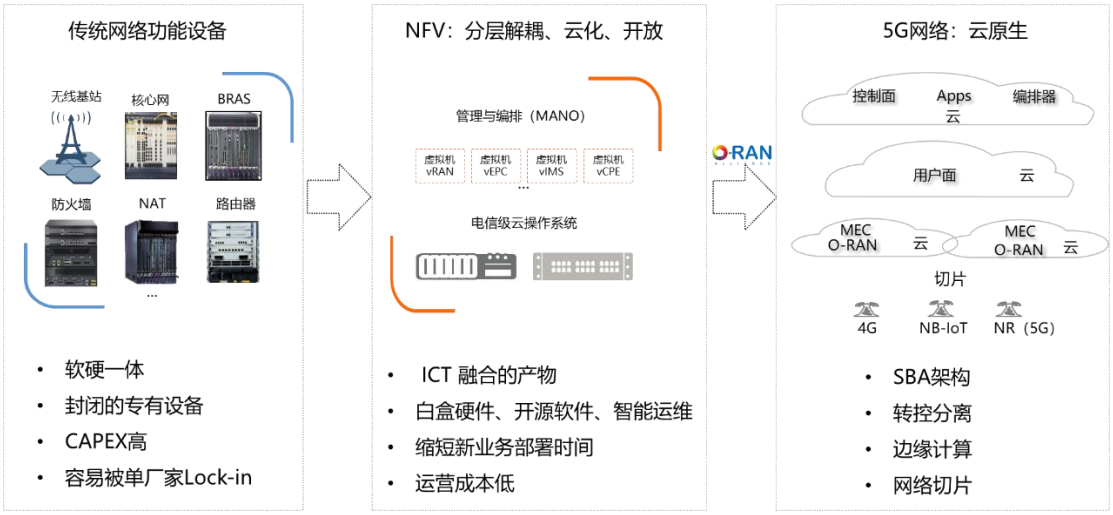


图 3-7 联想 5G 云基站解决方案

联想除了布局上面描述的 5G 通讯网络外，也正在基于区块链技术构建智能制造业务生态网络。联想很早便开始在区块链技术研发进行布局，并研发了联想区块链平台 B-Connected，同时基于这个平台构建了大量的区块链赋能智能制造的应用案例。

联想区块链平台架构可以分成四层，由下至上分别是基础设施层、区块链框架层、平台层和应用层。

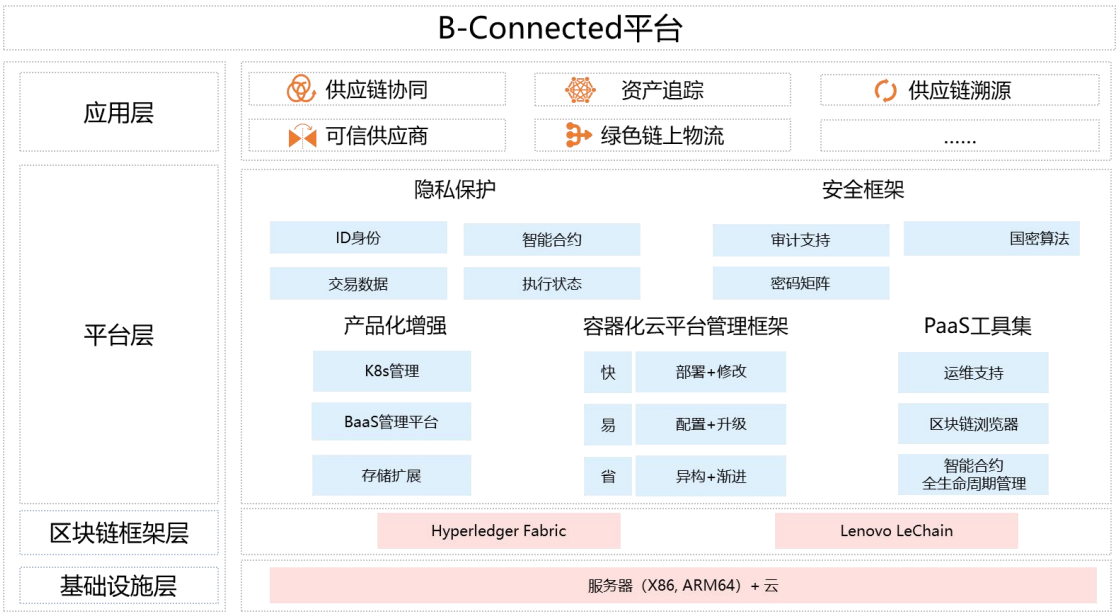


图 3-8 联想区块链平台架构图

基础设施层基于区块链分布式架构要求，需支持多样化的物理网络环境。联想区块链平台实现了对各种存量异构物理主机的支持，针对不同类型的服务器提供统一的虚拟化管理实现，支持 x86 和 ARM64 的异构主机。同时，联想还扩展了目前主流的云区块链 BaaS（Blockchain as a Service，区块链即服务）的实现，不仅支持公有云，还支持企业私有云，以及两者混合的混合云方案。

在区块链框架层，联想基于超级账本（Hyperledger Fabric）技术搭建联盟链网络，并提供了定制增强版 LeChain，进一步完善联想区块链框架。

联想区块链平台层首先针对区块链开源组件进行了大规模的产品化增强，将原生 Fabric 基于 Docker 的实现增强为基于 Kubernetes 的容器化管理，支持企业级应用中高可用、易管理、易扩展的架构要求。而自主研发的 BaaS 管理平台，支持用户可视化、一键式的部署区块链网络，最大限度上帮助用户降低区块链网络的使用门槛和建设成本。此外，随着区块链应用的深入，链上数据不断累加，联想区块链平台结合联想自身的技术优势，开发了完整的区块链存储扩容解决方案，为客户提供易扩展的区块链平台层能力支持。这套基于容器化云平台管理框架为客户提供了快、易、省的区块链网络部署方案，同时，在平台层联想区块链平台集成和开发了大量的可视化工具集，如运维支持的监控工具、日志收集分析平台、区块链浏览器、智能合约全生命周期管理平台等，为区块链长期稳定运行提供技术保障。在安全特性上，联想区块链平台支持全面隐私保护，主要针对联盟链需要进行隐私保护的四个要素：用户身份、交易数据、智能合约以及执行状态，开发了全面的隐私保护解决方案，在提升了联盟链隐私保护的同时支持国密算法，并支持审计模式，保证了信息数据的安全性，支撑区块链平台全面隐私保护功能。

在应用层，联想的区块链已经在智能制造相关的供应链协同、企业资产追溯等多场景中进行应用，联想将区块链和供应链协同紧密融合，实现联盟化运作。智能制造业供应链是一个复杂的、多方参与的、长业务链条网络，而区块链自身具备的分布式、共享账本、数据可追溯不可篡改等特性恰好可以在供应链协同管理领域发挥巨大优势。如果把供应链的每个参与方视为一个整体节点，并与区块链节点进行一一映射，那么就可以看到，基于供应链的真实商业网络和区块链网络拓扑结构是高度契合的。区块链可以有效解决供应链多参与方信息不对称、不公开、不透明的问题，实现信息多方高效安全可靠共享。联想对场景进行突破，实现供应链管理中商流、物流、资金流、信息流四流合一。联想也将持续扩展区块链解决方案，并基于区块链技术构建智能制造业协同生态网络，提升行业运营效率，创造效率红利。

未来联想期望与合作伙伴携手共建智能制造行业联盟生态网络，同时结合自身的技术优势和区块链实践经验，赋能行业。目前联想在中国信通院领导的可信区块链推进计划中创立并领

导了供应链协同应用工作组【12】，并持续与行业同仁共同推进区块链赋能智能制造协同网络建立。联想也先后发表了《区块链技术白皮书》《区块链白皮书供应链方案》，并与信通院一起，联合国内供应链领先企业发布了《可信区块链推进计划-供应链协同应用白皮书》。联想在中国与物流采购联合会 2019 年“双链奖”评选中获得了十佳区块链企业荣誉称号【13】，同时也在中国-中东欧区块链卓越中心担任荣誉会员。2020 年 4 月，商务部、工信部、人民银行、市场监管总局、银保监委等 8 部门委联合印发《关于复制推广供应链创新与应用试点第一批典型经验做法的通知》【14】，一共选取了十二类典型经验。其中，针对企业的七类典型经验中，和新技术相关的就是“推动供应链与现代信息技术深度融合”类，获表彰企业分别为联想集团、中国移动、阿里系企业菜鸟供应链和盒马生鲜。《通知》指出，联想集团的推荐理由是，“联想集团积极引入区块链技术，打造区块链与供应链’双链融合’模式，促进代工厂、企业和供应商三方实时信息共享，增强整体流程的透明度，实现业务流程自动化运转；”。这充分证明了联想基于区块链技术进行智能制造的供应链改造，已经走在全社会的最前沿，受到了各级政府、产业的高度关注和支持。联想作为先进企业贡献的经典经验和做法，无疑将促进智能制造供应链创新与应用，对探索经济新发展方式具有重要意义。

图 3-9　联想区块链生态图

3.2.6 智：人工智能算法和开放创新平台

智，是智能制造中技术的大脑，在产品设计、产品生产、产品物流、产品销售、客户服务的全智能制造价值链上，在端、边、云、网的设备上，在企业的流程及决策上面都发挥着越来越重要的作用，是实现效率提升、质量提升、客户满意度提升的创新驱动力。

智包括以人工智能、大数据、物联网技术等为代表的关键赋能技术，其核心是以机器学习，

尤其深度学习为代表的人工智能算法，在计算机视觉、语音、自然语音处理、知识图谱等人工智能领域，为工业制造装上最强大脑。

联想比较早就在人工智能进行了布局。随着人工智能世界级专家芮勇博士成为联想 CTO 并全面负责联想研究院，2017 年初联想专门成立了联想研究院人工智能实验室，而且创立初就和德国人工智能中心等顶级研究机构和高校建立了战略合作关系，持续进行联合研究项目。目前人工智能实验室在北京、深圳、香港、罗利（美国）都有研发团队。

依托强大的人工智能团队，强大的 3C 制造规模和全价值链经验，联想打造了有自身特色，有行业代表性的以人工智能算法为基础和软硬结合、端到端的、全栈 AI 解决方案能力，并快速构建了联想大脑 Lenovo Brain。联想大脑一方面集成了联想的核心 AI 算法和计算能力，另一方面可以灵活部署，并作为一个强大的开放创新平台，支持广泛合作和生态建设。

（一）联想大脑概述

联想大脑是由联想集团开发的 AI 开放创新平台。 它旨在支持联想的智能转型战略，支持智能制造的整个价值链和广泛的应用场景。 同时，提供了不同级别的定制功能，可以满足各种业务需求。 联想大脑是算法研究人员、应用程序开发人员和业务人员共同合作构建 AI 生态系统的协作平台。

联想大脑是全栈全场景 AI 开放创新平台。它由联想研究院，业务部门和 IT 部门共同开发，涵盖了近年来联想在 AI 研发关键领域中的自研成果，涉及计算机视觉、语音技术、自然语言处理、知识图谱、机器学习、智慧数据等方向。联想大脑提供 AI 研发的全生命周期管理能力，包括模型训练、模型推理和一站式开发环境。

图 3-10 联想人工智能开放创新平台

联想大脑既是一个协作平台，同时也是一个 AI 生态系统。算法研究人员在其中训练和贡献 AI 模型，应用程序开发人员使用 AI 服务创建应用程序，业务经理利用 AI 功能来构建 AI 解决方案并扩展其业务。联想大脑支持企业的智能转型战略，支持智能制造的整个价值链和广泛的应用场景。基于联想大脑的能力和平台，联想已经在内部围绕智能制造大大优化了工作流程，提高了生产质量，节省了物流成本并增强了用户体验。

（二）联想大脑架构

图 3-11 联想大脑架构

•AI 基础设施提供分布式和并行的 AI 模型训练服务，以及高性能和高效的推理引擎。

•AI 核心能力整合了先进的工业级 AI 核心技术，包括视觉技术、语音技术、自然语言处理，、知识图谱、机器学习和智能数据。

•AI 推理服务提供不同级别的 AI 模型推理服务，范围从标准内置模型服务到深度定制的领域自适应模型服务。

•AI 开发环境为用户提供一站式集成开发环境，支持利用联想大脑中的所有功能和服务进行高效开发。

（三）AI 基础设施

训练：平台提供易于使用且高效的如 TensorFlow 和 Keras 等流行的深度学习框架模型训练套件，让算法研发人员来进行分布式大规模深度学习训练。 通过重叠通信和计算时间，以及动态梯度调整更新策略，平台能实现机器结点间几乎线性地缩放总吞吐量。 它为计算机视觉，自然语言处理等提供了多种标准的内置模型。当用户上传训练数据时，他们将在短时间内获得高精度模型而无需进行编码。 此外，它为用户提供 API（Application Programming Interface）来训练他们自己的模型。 并且只需稍作更改即可自动将为单个 GPU 节点编写的代码分发到 GPU 群集中，大大加快训练过程。

推理：支持传统的机器学习模型以及深度学习框架，例如 Tensorflow，Pytorch，Keras 和 Caffe。 平台以两种模式工作：（a）高性能模式，其中 GPU 仅由单个模型绑定。 （b）高

效模式，其中 GPU 由多个模型共享。 它还提供了端边云设备协同推理的能力，这意味着工作负载可以分布在不同的计算单元中并同步在一起以执行推理作业，这在终端或边缘设备只能够在服务资源较小的环境下运行 AI 模型和数据，同时还需要云端 AI 功能的情况下特别有用。

（四）核心技术

视觉处理技术：用于分析和解释视觉数据，例如图像，视频或其他来自光学传感器的原始信号。联想大脑提供了一系列先进的技术来对其进行处理，包括物体对象识别（121 个大类）、场景识别（39 个大类）、视频分析、动作识别、二维码条形码识别、人脸检测和跟踪、头肩检测与跟踪、人脸表情分析和属性识别等等。 这些技术已广泛用于联想集团的智能制造项目中，例如产品缺陷检测、产线辅助装配、工人安全状态监视、园区门禁考勤、拥挤区域中的人流统计、线下数字化门店中的客流统计分析、顾客 VIP 识别、以及行人动线轨迹跟踪等。

根据国家工业信息安全发展研究中心发布的《人工智能中国专利技术分析报告》，截止 2019 年，联想在计算机视觉方向的相关专利申请总量在中国名列第五。

语音技术：用于检测、分析、解释和生成口头形式的人类语言。在联想大脑中，自动语音识别（ASR）提供了从语音到文本的准确、实时的转录，支持各种类型的语音，例如重音、儿童语音、中英文混合语音。目前，联想大脑提供多种独立的服务，包括实时语音识别、语音文件识别、自动语音识别、语义合成、语音激活检测等。联想大脑在重点实现近场语音技术的同时，在远场语音方面也取得了重大突破，语音引擎可以针对不同的产品和应用领域进行定制，以实现最佳性能。语音助手（LeVoice）是一项利用联想内部语音技术的最著名方案，该方案已预装于联想在国内市场发布的所有手机中。 LeVoice 使用自动语音识别和自然语言理解的优化引擎为用户提供出色的交互体验。在可预见的应用场景中，它可以用于智能扬声器、虚拟助手、语音用户界面等。

自然语言处理：联想大脑的组件提供词法、句法和语义分析，包括命名实体识别、关系提取、词义歧义消除、情感分析、语言理解和自然语言生成。 它们是联想客户服务聊天机器人的核心技术，可实现对用户意图的细粒度理解、语义搜索以及多种样式的自然语言生成。 为了解决训练集中数据量少的问题，联想开发了一种文本分类技术，具有小样本学习、排字错误纠正、数据清理及其他相关功能。

根据中国人工智能产业发展联盟发布的《中国人工智能产业知识产权白皮书》，截止 2019 年，联想在语音和语义方向的总专利申请量在中国公司中名列第三，授权量在中国公司中名列第二。并且在 2019 年全国质量创新大赛上面，联想基于产品情感指数的质量大数据分析项目获得了最高奖，并且入选 2019 年中国质量标杆。

知识图谱：知识图谱是使用资源描述框架（RDF）表示知识的知识库。 每个知识项都表示

为具有属性值的实体，而实体之间的关系则表示为“主谓宾对象”（SPO）三元组。 知识图谱可以视为具有链接三元组的整体实体。 联想大脑中的知识图谱是使用 RDF 表示知识关系的信息库。 目前，联想的知识图谱支持关系提取，实体链接和关系链接。 通过信息库，用户可以自动提取文本中的相应知识和关系元组， 对于用户的知识关系提取和文本理解非常有帮助。

联想研究院人工智能实验室在 2019 年全国知识图谱与语义计算大会上面，获得了一项评测冠军，一项评测亚军。

机器学习：机器学习提供用于时间序列预测、异常检测、规则挖掘和数据关联的机器学习模型和模式识别技术。 在联想，机器学习技术对供应链部门，制造工厂非常重要，因为它可以帮助他们智能、自动地进行计划和运营。 它已广泛应用于需求预测、异常事件检测、多级库存优化，根本原因关联规则挖掘、故障推理等任务中。结合领域专家知识，联想大脑的先进机器学习技术大大提高了性能服务供应链的服务水平，并优化产品线的制造绩效。

联想研究院人工智能实验室首次参加 2019 世界人工智能大会黑客马拉松 AutoNLP 大赛即获得第二名。

智能数据：智能数据可以形象地表达为“Data with AI”，即通过应用 AI 技术，使多源多态的数据更为高效、透明和安全地被不同的 AI 模型所应用。首先，它支持和 AI 应用密切相关的数据管理、准备和解析等功能；并提供数据集成、数据质量管理、数据预处理、数据标注和数据偏向分析的工具组件和自助服务。它将基于统计分析和机器学习等算法集成到源数据的异常值检测、缺失数据归因、数据注释校正、数据冗余消除和不平衡数据的处理中，改进繁复的人工分析和准备数据的过程，使得 AI 模型在制造业复杂的数据环境中的应用更加便捷和准确。同时，智能数据组件还支持数据治理接口，元数据浏览和数据分布偏差检测等。联想大脑中已经提供了联想大脑核心技术所用到的相关智能数据集描述。

第四章 联想智能制造解决方案和应用场景

4.1：基于五大核心能力的解决方案及应用

4.1.1 联想智能制造五大核心能力构建

联想一直坚持不断突破创新，为客户提供优质的产品体验。在利用智能化解决方案助力自有工厂智能制造建设的同时，联想将这些技术和经验赋能给行业，助力企业用户找到适合自己的智能制造转型之路。本书前三个章节中介绍了联想推进智能制造整体架构、实践方法论、“四化目标”和“端-边-云-网-智”及其相互承接关系等方面，在接下来内容将对联想智能制造的五大关键能力特征，以及基于五大能力探索实践的解决方案做进一步阐述。

图 4-1-1 联想智能制造五大核心能力

互联互通是指从客户需求到最终交付全链路的互联互通。通过利用 IOT 的技术将物理与数字流程整合起来，将 IT 系统和联想的经营系统无缝链接，实现研发、生产、销售、客服、供应链甚至是财务、HR 系统各个业务链的数字化整合。

在互联互通上，联想建立了智能化的供应链管理系统。管理系统连接联想内部、销售前端以及联想的合作伙伴在内的整个的生态圈系统，借助智能的工具将供应链活动与其他管理系统呈现在同一个平台上，并且利用机器学习等先进的技术，分析并给出问题的解决方案。实现对供应链的日常运作的自主管理，使其运作更加高效。例如，利用工业物联网技术对主板产线进行实时联网监控，从而可以在网上及时预警和处理设备故障，并根据生产状况进行自动补料。通过这一技术，整个产线的人员减少了 15%，避免出现过因为不及时接料而停线的状况。在联宝工厂，协同云平台通过接入 300 多家供应商，提升了端到端供应效率，从而将承诺的供货时间减少 50%。

柔性制造是指高度自动化的混线柔性生产。其主要是应对少量、多样化的订单需求。联想

每天要处理上万多笔个性化的订单，其中 80%的订单是少于五台的，涉及的生产过程复杂、多变。为此，生产线每天需要切换 5-10 次，适应 50 多种不同的工艺流程，而高频次的不同物料补给也要支撑生产线持续稳定的运行。同时，需要应对因需求变化而产生的高度不确定的劳动力资源给产能和质量带来的冲击，根据统计因人员问题导致不良占比大概占到联想质量损失的 75%。

为了应对这些不确定因素的挑战，联想探索实践了以网络协同、数据智能为基础的柔性制造系统，该系统主要包含三个子系统：一是动态调度子系统，通过实时的仿真调度管理整个生产过程，包括物料补给和实时监控生产。二是智能拉动子系统，通过智能自主精准的系统，为产线补给原材料以及工装设备。三是网状的制造系统，每一套生产装备都集成了数据采集的系统，同时最大程度对于通用装备进行设备共享。基于此系统，调度子系统指挥补给 AGV 小车、生产制造的工艺岛，甚至物料周转的物流网都可以高效的协同，从而满足高度的柔性、敏捷和高质量的需求。例如: 在联想主要台式机生产基地惠阳工厂，通过打造自动化工艺为主的柔性线体，实现工厂产能提升 30-41%。

虚实结合是指物理与虚拟数字的映射和闭环控制。通过数字化的方式创建物理实体的虚拟模型，并借助数据模拟物理实体在现实环境中的行为，最终基于虚实交互反馈，数据融合分析以及决策迭代、优化等数据手段为物理实体增加或者扩展其能力。

联想正在不断推进产品设计和制造过程中的虚实结合，即数字孪生。数字孪生仿真技术可以帮助联想建立起虚拟产品并进行虚拟环境下的各种测试和分析，当设计不断完善之后，可以再通过虚拟制造对生产流程进行验证和优化，确保真实的生产顺利进行。产品进入物理产线之后，基于虚实互联，关键设备的参数和状态就可以得到在对应的模型上的实时掌控，进而识别和调整设备的状态，保证生产出优质的产品。

闭环质量是指端到端的质量追溯、监控、分析和管理。通过智能数据分析来支持智能决策，并通过智能的管理体系驱动高效的运营，最终借助智能技术应用来驱动质量的技术创新。通过对全价值链数据的采集，利用 IOT 技术实时取得设备的生产、质量数据，再将这些数据存储到联想统一的数据平台上，并结合质量管理业务的需求，应用机器学习、建模运算等方式精准实现客户需求分析、各种质量问题的闭环解决。通过统一的质量数据系统的门户网站，联想的客户、合作伙伴以及联想的内部可以实现协同合作。以联宝工厂为例，通过和供应商的生产系统进行对接，实现了提前 24 小时精准预测货物到港信息，自动生成检验报告以及闭环联动管理，减少了来料检验的时间，入库效率提升了 50%，检验人员缩减了 20%。

智能决策是指通过大数据和人工智能驱动预测性分析决策。人工智能在实际生产业务中的应用，围绕制造业务需求，推进智能制造关键技术装备、核心支撑软件、工业互联网等系统集

成应用，研发智能产品及智能互联产品、智能制造使能工具与系统、智能制造云服务平台，积极推进网络化协同制造、远程诊断与运维服务等新型制造模式，建立智能制造标准体系，推进制造全生命周期活动智能化。例如：联想自主开发智能排产系统，利用大数据和人工智能的技术，基于物料、交期、成本、产能、产量、品质等多维度绩效优化得出最优化排产结果，排产时间由原来的 9 小时缩短到现在的不到 1 小时。

4.1.2 联想智能制造解决方案概述

联想基于多年来累积的技术、能力和经验，在交付各种硬件产品的同时发力智能制造解决方案及系统平台。目前，联想已经在全球超过 180 个市场开展业务，以中国智造作为根基，布局全球，顺应业务发展。

智能制造在联想内部有着大量的应用和实践。在联想工厂，每天都有大量的新技术被成功应用。例如，通过虚实结合将数字仿真落地的数字孪生技术，极大地减少生产错误降低成本，提高设计质量，并降低新设备投入失败的风险。或是，智能视觉检测技术在 LCD 检测的应用，从依赖人工检测到人工智能自动判定，自主学习新缺陷，与传统检测相比，成本节省了 50%，效率提高了 30% ，精准度提高了 30% ，而且还能 7x24 小时连续不间断检测，根本性提高了生产效率和产品质量。白皮书将在接下来对联想基于自身实践的解决方案做进行一步阐述。

图 4-1-2 联想智能制造解决方案全景图

4.2 应用场景一产品设计

笔记本设计面临的挑战：随着社会经济及 3C 电子消费品行业的发展，用户对于笔记本电

脑的需求越来越个性化，对品质异常的容忍度越来越低。同时，消费者的应用场景界限也越来越模糊，跨界产品和服务挤压着传统电脑市场。面对更加细分的市场、高速迭代的周期，对产品高品质的设计的需求，以及智能化的功能等，需要产品提供商应对快速变化的外部环境做出的相应对策，而产品策略的支撑就需要产品设计团队及流程能够积极转型以迎接挑战。为了应对日益快速变化的客户需求，联想提出了 MBD（Model Based Definition）解决方案从而缩短研发时间，提升产品质量。

4.2.1 MBD 解决方案

：互联互通，虚实结合，闭环质量　：数字孪生

联想设计团队首先定义 MRD(Market Requirement Document)以及产品关键特征的定义，而后基于边界条件开展具体的产品设计工作，包括外观设计、结构设计、电路设计、信号设计、散热设计等等。这些专业学科之间跨度大，不同系列和产品之间如何耦合存在差异，设计和开发的周期各不相同，试制品整合需要大量时间和精力磨合，沟通成本是跨团队协作的巨大挑战，如何传承设计经验也是保障产品设计品质延续的痛点。MBD 解决方案基于统一认知基础的三维模型标注技术，可以实现完整的全周期数据保障，有效的减少沟通成本。

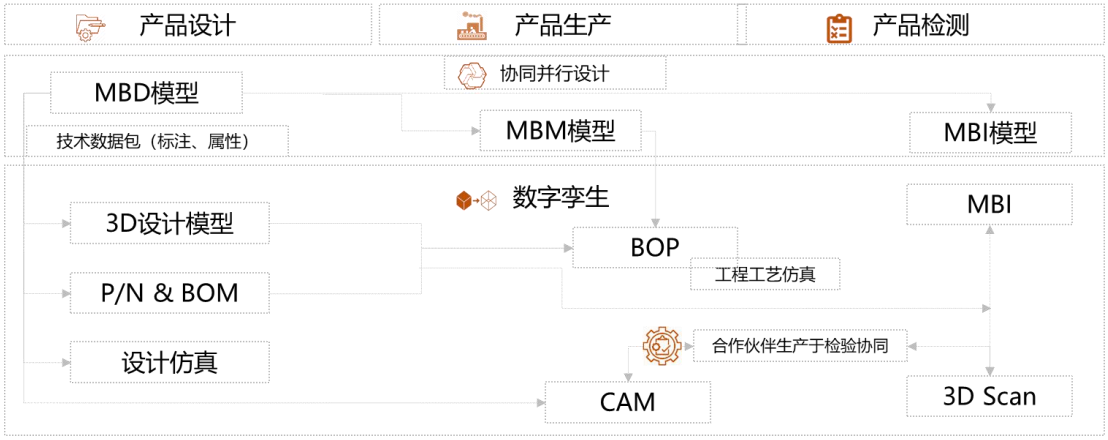


图 4-2-1 联想基于模型的设计、生产、检验架构

传统方式中，外观设计和结构设计会最先开展，后续其余电路、散热、天线等各个团队参与进来，分别单独设计自己的产品部件，并进行设计的集成和验证。这个过程中，设计之间的干涉，性能是否最优，成本是否合适，工艺是否便利等是产品设计团队跨专业多轮次协作的重点。这就导致每个团队都有自己的约束条件和需求，如果团队数越多，专业跨度越大，协作就越挑战，消耗的沟通成本就越高。同时对设计文档的修改次数也就越多，调查核实的工作也就越多。这些都会造成设计效率的损失。

该方案通过建立：1）机构/电子设计 3D 图档自动解析创建 P/N & BOM 以及设计共用及模块化库。2）建立可视化模型，在线检视（试模及入料检验，MBI 基础）。3）建立

CAD/Part 关联关系，提供制造端数字化工艺管理基础数据。4）建立机电协同和数字样机，支持研发多学科仿真及制造端工程、工艺仿真。5）建立 CAD 版本管控以及流程，加强 CAD 至 Tooling 的管理等方面。

该方案可以充分利用了信息系统的优势，将相应单学科设计软件工具的设计图样，集成至 PTC 的 Winchill PLM，形成 3D 数字化样机，并根据设计图关联器件库，自动生成 BOM 清单并校对规格参数。

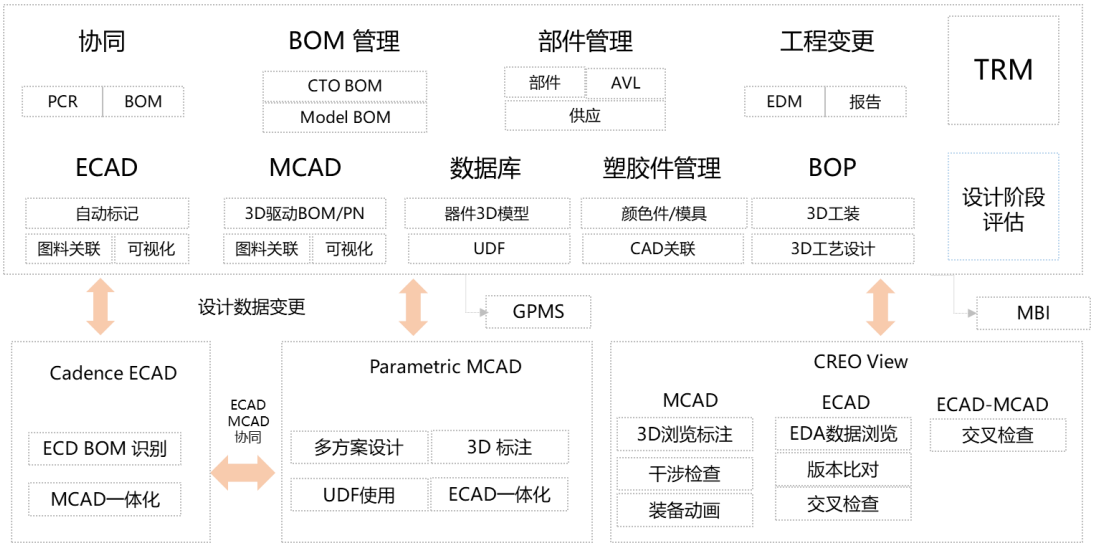


图 4-2-2 联想 MBD 架构

通过 3D 数字化样机可视化的方式，大幅解决产品设计过程中的干涉问题，让设计团队可以在完整视图中评审产品，排除问题等。而 3D 数字化样机软件自动化的优势，可以节约大量繁琐手工电子文稿操作的问题，体现设计的每一个细节，减少手工失误等。这种通过信息系统跨专业整合设计图样的方式，方便了研发设计的配置管理工作，在产品设计的一致性和精细化方面，提供了重要的支撑，从而提升了设计团队的效率及设计品质。

解决方案实施收益：

- 建立机电协同，提升设计效率。
- 提升模具开模精准度，减少模具变更次数。
- 建立研发数字化基础，并对后续数字化制造/智能制造，设计自动化奠定基础。
- 建立模型检验机制，降低 IQC（Incoming Quality Check）检验错误率，提升大于 50%材料签收效率。
- 提升研发共用库模型以及自动化解决方案-设计到 BOM 数字化生成，设计部件转化 BOM 及变更管理效率提升 30%。

4.3 应用场景一订单管理

对于企业来讲，信息的透明、可视和共享是整个运作的基础，也是搭建业务智能分析和决策的先决条件。销售流程中的订单管理是其中的重中之重。公司内部需要多部门协同、多资源整合才能顺利地完成订单交付；公司外部需要实时有效的共享订单状态，响应客户的诉求，提升客户的满意度。基于这个目标，订单管理就是要以客户销售订单为主线，以订单全生命周期的各个状态为内容，把订单创建、信用变化、生产过程、物流运输、客户签收、发票信息等在统一平台上跟踪并呈现给相关的内外部客户，最终实现端到端的订单协同协奏。联想基于数字化和智能化转型经验，逐步探索出了订单可视化解决方案，订单自动化解决方案和订单自主纠错、主动服务解决方案。

图 4-3-1 订单管理愿景

4.3.1 订单可视化解决方案

：互联互通，智能决策，闭环质量 ：云计算，大数据分析

解决方案实施背景：

联想业务模式繁多而复杂：从产品形态上，联想既有跨越个人电脑及周边产品，也有企业服务器及存储，移动设备手机，智能物联网设备，智能基础架构，数据中心及解决方案；从客户属性上，包含以全球大客户、区域大客户为主的大企业业务、中小企业为主的 SMB (Small and Middle Business)业务和以最终消费者为对象的消费类业务。从销售通路层面，有 B2B(Business to Business)、B2C (Business to Consumer)、B2B2C(Business to Business to Consumer)等跨越直销、分销、经销不同方式。从履约方式上，有备货生产、按单生产、个性化定制、按包装定制等混合履约模式。从制造和物流网路上，有布局全球各个区域的制造和分销中心，细分还包含自有工厂、ODM (Original Design Manufacturer) 、OEM (Original Equipment Manufacturer) 等不同的制造方式。

内外部不同部门和人员需要了解客户订单状态，并基于业务需求进行实时的分析和决策。现实中，不同的团队之间还存在着大量的邮件、报表等沟通方式。点对点的线性沟通耗时、耗力，效率不高，同时数据的实时性得不到保障。为此联想基于应用场景出发，立足于能够让订单情况清晰的呈现，探索出了订单可视化的解决方案，该方案主要应用于以下场景：

场景一：电商的用户从网上下单。 下单后用户需要查询订单预计出货和到货时间以及发货后物流状态等。

场景二：联想的商业合作伙伴期望查询本公司订单的相关信息。比如订单总量、交付时效、订单金额等。

场景三：联想内部销售和管理人员。在实际业务中查询客户催促急单的目前订单状态和原因等。

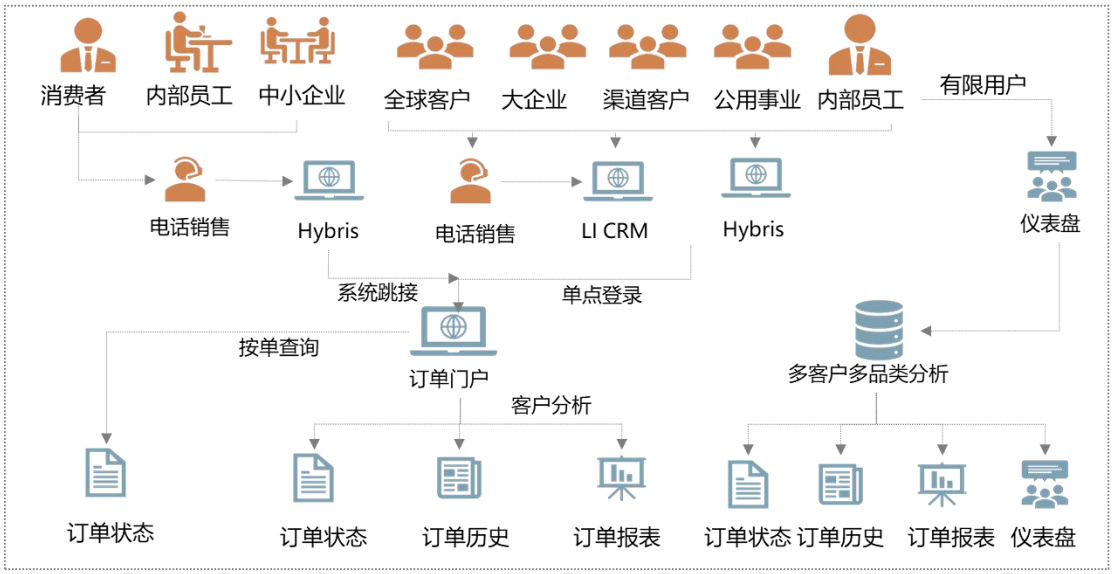


图 4-3-2 订单可视应用场景

系统架构设计包含两个方面：首先是数据源，其集成联想核心 ERP (Enterprise Resource Planning) 系统，CRM (Customer Relationship Management) 系统的订单、交货、发票、服务等相关数据信息，以及第三方物流的仓储发货信息、ODM 的生产发货信息；并建立了独立的数据仓库，对数据进行汇总、分类、整理。其次是展示层，其基于客户实际使用系统，采用单点登录、单一授权验证的方式，让用户在已有的订单系统可以直接对订单数据进行查询和报表分析，同时 OVP (Order Visility Portal) 给独立的门户提供有权限的内部同事做整体的订单状态、历史记录分析等。

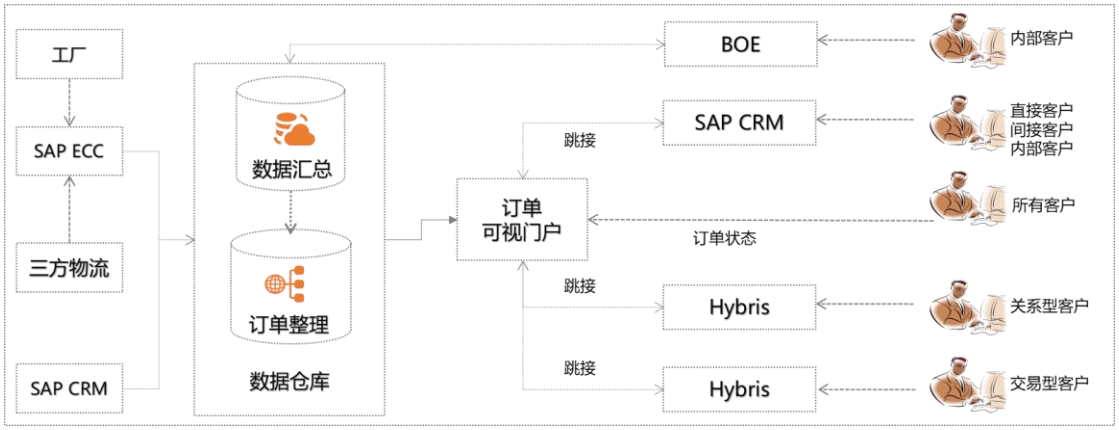


图 4-3-3 可视化系统架构

系统主要功能特色：联想 OVP 平台能够支持全球不同业务模式和订单模式的可视化。首先，在权限设计方面，针对客户在不同的下单系统中已经具有的角色和权限，设计了单点登录权限控制，用户无需申请不同账号，就可以直接使用 OVP 系统。针对电子商务的客户，按照客户邮件，订单信息，提供界面查询订单状态。同时，客户管理员可以自助管理内部团队的角色，控制同一团队内不同身份的不同访问权限。其次， 支持基于不同的分类，支持订单状态的查询或模糊查询；并且，除了 联想指定业务的标准报表，比如订单主机号报表、订单发货报表、订单到货报表、未清订单报表、产品报表等， 客户还可以直接使用标准表的定义信息，联想也可以提供定制化报表。OVP 提供了订单、交货单、发票、财务等超过 100 项字段的信息。 对于专业的数据分析运作团队，可以基于实践需求，自定义报表，获得更丰富的信息。而且，针对客户实际操作的易用性，OVP 产品提供了其它辅助功能。例如，文件用不同的格式下载，文件可以指定邮箱发送，自定义报表运行时间和发送团队。平台提供 10 多种语言的支持，并支持数据跨时区的转换，保证单据系统时间和物流交付的本地时间一致性。

关于订单的调整支持，工厂基于实际供给和产能情况，会调整订单的计划发货时间。这种变化会对客户造成一定的困扰。联想制定了基于不同国家、销售通路、发货点不同的规则，控制发货计划变动是否展示给客户，实现对承诺交期变化的管理，同时，可以超链接到第三方物流的平台，提供实时的物流状态。

解决方案实施收益：

订单可视化平台在全球都已经开始使用并在不断的优化，从前端的业务部门，到外部客户都开始大量使用 OVP 来查询和管理订单状态，大大减少了跨部门的沟通，提高了订单的可视化。增加了客户的满意度。

4.3.2 订单自动化解决方案

：互联互通，智能决策，闭环质量 ：大数据，办公自动化

解决方案实施背景：

联想面临着跨区域跨文化的商业环境挑战，比如政策风险、信用体系成熟度、消费模式差异、文化差异、海关监管差异、税务规则差异等。商业环境的差别会导致差异化的要求和服务。为适应不同的市场需求，联想的订单变得极其复杂而且订单量巨大。为此，需要订单管理团队，订单履约团队需要大量的工作管理订单生命周期的各个状态。

随着产品差异化逐渐增加，客户期望值的变化加剧。市场逐步成为买方市场，而客户的诉求也越发的具有挑战性。比如，下单时要知道明确的到货时间，希望订单下单后可以马上交付，需要提供整套的产品和解决方案等，同时新兴互联网公司交付体验的极大提升，也挑战了传统制造公司的交付能力。

为此，联想探索出物料预留、ATP (Available To Promise) 、ATS (Available To Sale)等对应的解决方案，并不断升级优化，从而可以很好的解决订单交货日期承诺的问题。订单自动化解决方案主要应用于订单自动创建和订单自助履约两个场景。下面将对不同的应用场景逐一展开说明：

订单自动创建场景：在订单创建上，除了有不同的模式：业务伙伴，通过联想的 CRM 门户入口，自助方式创建需求订单；大客户，SMB，个人消费者，通过联想的电子商务平台，自助方式创建订单； 大交易量的全球大客户，大企业，业务伙伴，通过双方的 EDI （ Electronic Data Interchange）电子数据交互的方式，自动创建销售订单。除此之外，还存在相当部分需要通过邮件方式的业务，以及到客户的网站获取销售订单信息，然后通过手工录入到联想的 CRM/ECC 系统，创建销售订单。针对以上需求，联想分别采取了 OEA (Order Entry Automation)订单自动录入和订单服务平台方案，实现订单的录入自动化。

图 4-3-4 OEA 订单录入自动化系统特色

订单服务平台方案通过系统集成来完成订单的创建。联想前端系统有各种各样的订单获取平台，支持不同的区域，不同业务组，不同业务类型的订单创建和查询需求。通过同前端系统的集成，完成订单的创建。

传统的方式，需要在 CRM (Customer Relationship Management) 和 ECC（Enterprise Core Component）系统进行大量的二次开发，耗时、费力、成本高。业务需要则是项能够快速提供不同前台订单服务，实现各种订单的创建和查询等功能。基于以上需求， 联想搭建了以订单服务平台为支撑，以交易型数据模型为基础的实时订单服务。包含标准的订单头信息，订单行项目信息、客户信息、订单状态、订单修改流程等服务，以支持各种类型订单的创建、修改、取消和查询等。

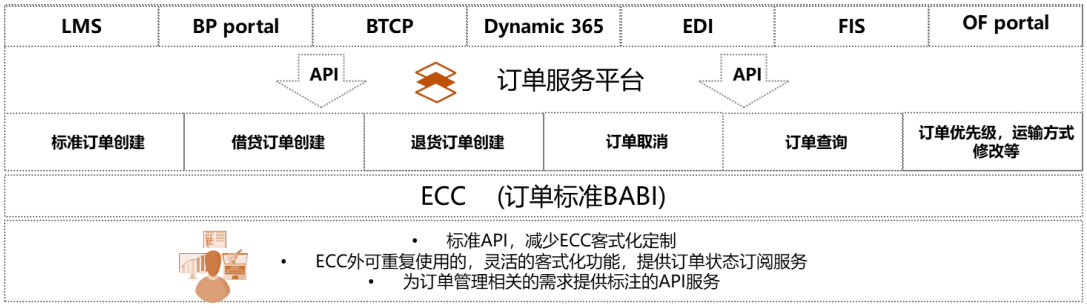


图 4-3-5 订单服务平台

订单自助履约场景：在自助履约方面管理过程中，最大的痛点是订单修改、取消等异常管理占据大部分业务日常工作，并且联想订单体系极其复杂，业务组的流程不同，业务模式不同，后端生产的工厂属性不同导致了订单管理的各种复杂情况。在对应的场景中涉及的交易主体，少则两个，多则六七个，因此，为保持订单修改的时效性和一致性，需要有自动化的工具实现相关单据一致修改，并保证和外在 ODM 供应商的有效沟通。

为此在方案设计方面考虑了以下三点：首先，区域销售订单修改自动化管理。其次，供应链 ERP(Enterprise Resource Planning)系统和自有工厂，ODM 的订单修改自动管理。最后，端到端的集成从销售到供应链到制造工厂的订单修改管理。

订单自动履约系统特色：BPM（Business Process Mangement）和 RPA（Robotic Process Automation）管理信息流自动触发后端订单修改。基于不同区域销售团队的日常运作系统，会有对应不同的操作。本系统有源于 SFDC（Sales Force Dot Com）、Co-work（Web Portal For Collaberation）、MS365（New Component For MS) 等传递。联想使用了 BPM 和 RPA 的 协同方案，简化前端和后端供应链的集成。BPM，按照业务需求，设计了核心流程的工作流。 同时用户可根据自定义的权限，扩展一般的工作流。通过这个方案，用户提出自己的需求，实时端到端跟踪状态，任务跨部门交接，人机工作协同，完成订单修改工作。并可以基于统计数据，分析业务的 KPI 和工作的瓶颈。支持 ERP 系统订单修改自动化通过 EDI

(Electronic Data Interchange) 和 ODM 集成。

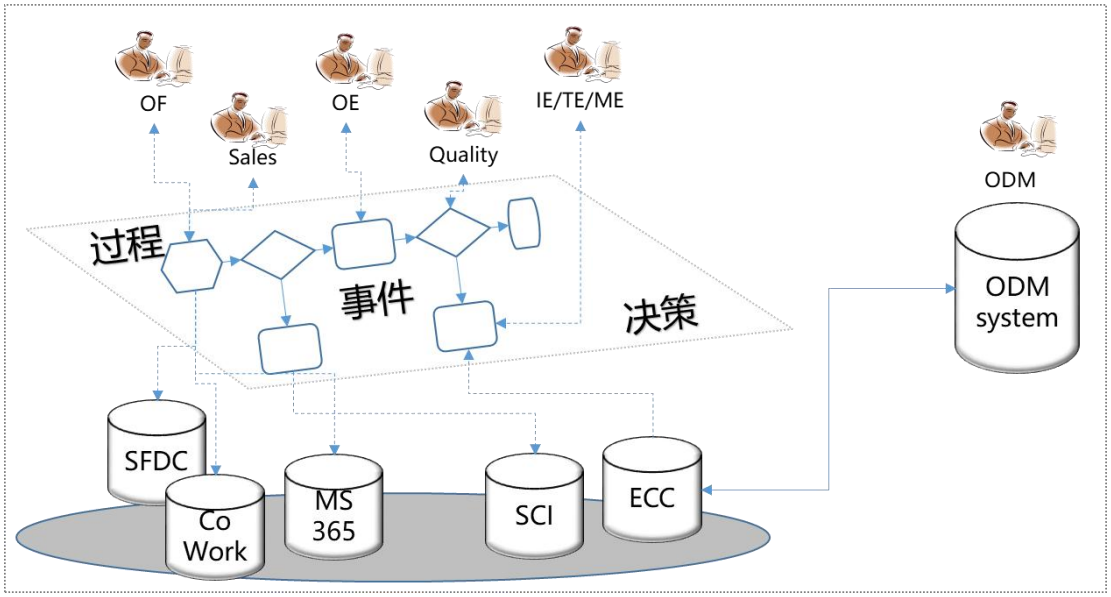


图 4-3-6 订单系统集成

解决方案实施收益：

订单自动创建场景：OCR (Optical Character Recognition) 、Toolbox、RPA 的方式已经在部分区域大客户成功实践。实践效果减轻了业务的工作量，订单创建的时效也显著提升，出错率也明显降低。订单自动创建部分 OSP(Order Service Portal)的服务已经完成基础能力搭建。使用高效、省时、省力，可以扩展到更多的领域。

订单自助履约部分：新系统导入后，工作效率和订单履约周期都有显著提升。目前大部分业务都可以通过系统订单修改工具自动完成跨团队沟通，极大提高了订单履约效率。

4.3.3 订单自主纠错解决方案

：互联互通，闭环质量 ：人工智能

方案实施背景：

联想业务数据极大， 跨系统之间复杂度极高。订单生命周期过程中会存在用户操作不当、需求变更、系统问题等各种原因导致的异常或出错，需要 IT 和业务团队跨部门合作，共同解决。上述异常情况对订单的交付周期造成极大的影响，为此联想开发了订单自主纠错/主动服务解决方案。该方案可以在订单流转过程中由系统层面的异常导致的订单履约延迟时，能够可视化错误原因；能够通过机器学习部分替代人工做出错误修正；能够通过数据统计和分析，指导后续的流程设计。

自主纠错/主动服务系统特色：

通过人工智能来监控、分析解决。支持：1）建立基于订单流过程相关系统为对象的，系统错误监控、分析、预警、自主解决的平台。2）基础层的系统错误信息，集成日志信息等。3）设计 AI（Artificial Intellegence）和 ML (Machine Learning)的自学习机制，包含感知、学习、算法、优化、建议、知识库、规则库交互，形成从错误信息识别，学习提炼规则获得知识、更新完善知识和规则库的闭环。4）将错误信息由机器语言转换成容易识别的自然语言。5）实现实时的监测、诊断、分类、触发执行。执行部分可基于问题的确定程度和风险做不同的执行方案。6）可以提供其它相关的邮件、自订阅、报表和流程优化建议等相关的功能。

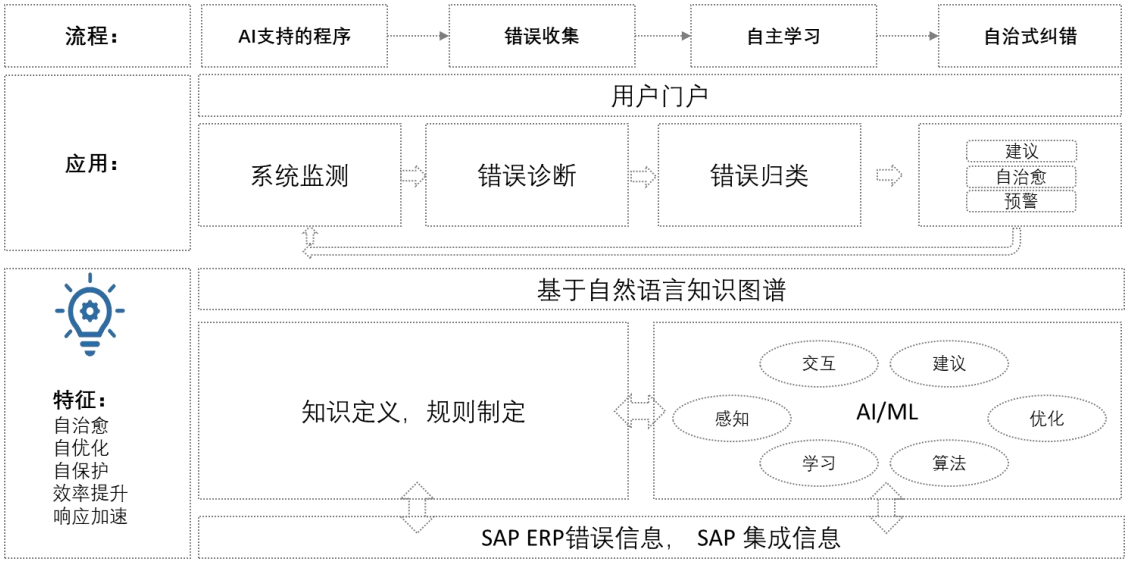


图 4-3-7 流程设计

解决方案实施收益：

- 问题订单解决周期显著缩短。
- 业务和 IT 的沟通和处理工作量大大降低。
- 订单端到端的履约周期降低，客户满意度极大提高。
- 从技术层面支持订单无接触履约。

4.4 应用场景一计划排产

随着业务的不断发展，联想从 2001 年开始推进计划工作信息化工作，在 2003 年实现了手工计划转向系统支持，大大提升了运作的效率，减轻了业务人员的工作压力，提升了工作效率，支持联想业务夺取了亚太区第一的位置。

2005 年，随着整合 IBM 的 PC 业务，联想走向国际化，业务也扩展到全球 100 多个国家，业务对计划系统提出了更高的要求，需要考虑全球的平衡，需要为客户给出更准确的承诺，同时也对供应的时效提出了更高的要求。

为了满足业务发展的需求和客户的需求，联想继续实施了大规模的 IT 系统改造，整合优化了全球的 IT 架构，建立起 Demand Planning/Master Planning/Factory Planning/Demand Fulfillment 组成的端到端的解决方案，支持了联想笔记本业务占领了全球第一的位置。

随着移动互联时代的来临，客户需求越来越苛刻，同时联想也在推进数字化供应链的转型，优化现有的预测系统、订单执行系统和供应商协同系统。为此，联想在计划实施方面探索出了联想整合计划解决方案、联想智能计划及排程解决方案、联想智能预测解决方案，和联想供应链智能控制塔来支持联想业务在新的时代继续高速成长。

4.4.1 整合计划解决方案

：互联互通，柔性制造 ：人工智能

解决方案实施背景：

联想计划工作解决方案中，需求履行计划、工厂制造计划、缺料计划、出货计划是四个独立的系统，且需根据输入分别生成系统报告。但是，由于这些系统采用了不同的计划日期，在日常运行中很难准确衡量供求匹配程度。

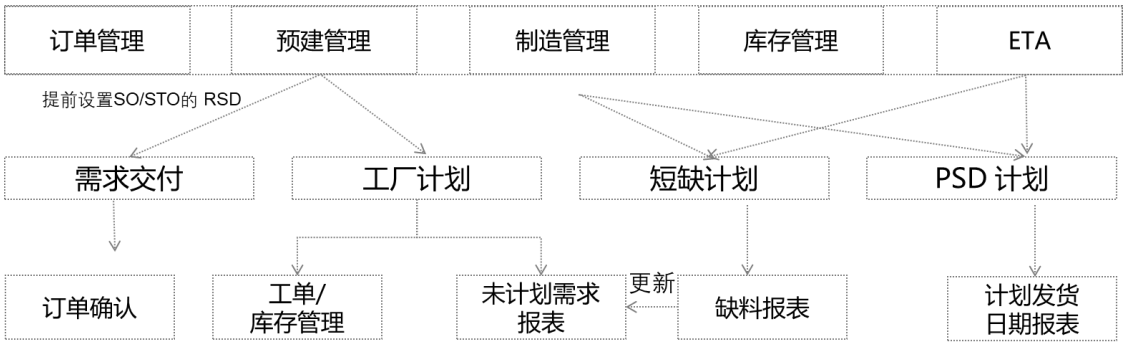


图 4-4-1 原始业务流程

除此之外，相关问题还包括：FPSD (First Plan Ship Date) 不准确，交付及时性受到影响；出货计划自动调节功能不完善；工厂制造计划运行时间接近控制时间，系统性能压力较大；

OTS（Order To Ship）无法达到目标要求；缺乏针对关键绩效指标降低因素的自动化分析等方面。

系统功能特色：针对以上问题，联想供应链提出了整合计划解决方案(Integrated Planning Solution)，通过统筹四大计划系统（需求履行、工厂制造、缺料管理、出货控制），制定订单交付优先级的全球统一政策，同步出货计划及产能等一系列措施，完美统一计划与执行，精准预测出货日期，有效突破了当前计划工作的瓶颈。同时，该系统进一步推广到 ODM（Original Design Manufacture），通过咨询指导服务，监控和管理其项目进度，帮助合作伙伴实现运营改善。整合计划解决方案主要通过以下三个操作过程实现目标：

首先，预处理过程包括：定义公平、标准的需求履行方案，确定订单优先级顺序，并据此处理联想全球业务需求。通过对已承诺订单设定更高的优先级，保障 FPSD（First Planned Ship Date）准确度。在订单可以完成的情况下，相关柔性储料和产能同样遵从优先级排序。还包括可考虑的供应包括现有库存、在制品库存、成品库存，ETA（Estimated To Arrival）和供应商承诺量。结合预计库存可用期限及相关事件解决时间确定供应日期，再根据供应日期，仓储位置和供应品类型对供应进行排序。

其次，供需分配过程：供应的具体分配需结合需求优先级和交货日期，并触发生成订单计划。

最后，后期处理过程：订单计划的实施将同时引起发货计划，生产计划，预计可完成订单和缺料订单计划的同步更新。

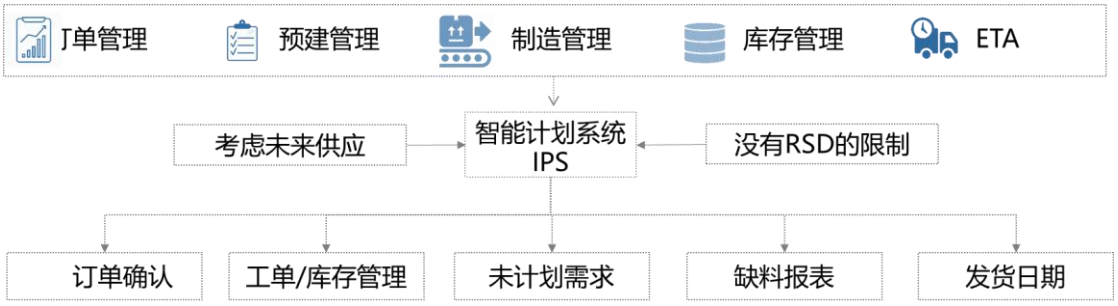


图 4-4-2 联想整合计划解决方案

其场景应用包括：

场景一：柔性储料。柔性储料包括现有库存、ASN（Advanced Shipping Note）、ETA 和月度产能。柔性储料用于解决资源配置不当及产成品的库存浪费问题，具体分配逻辑为：第一步，扣除已承诺发货订单的所需供应量；第二步，以最晚交付日期为限，排序相关订单并依次分配预期供应；第三步，IPS（Integrated Planing System）将当前剩余的可供应量分配给其它未承诺发货的订单。

场景二：订单转换。订单转换（SWAP）即物料在不同订单之间的供应转换。与重排订单

优先级的做法不同， 整合计划方案可将特定物料优先分配给指定或紧急订单，从而履行相应交货承诺。 具体做法为：第一步，提供有关转换建议的用户界面，其中包括关键零件和待执行订单；第二步，选定符合规则的订单，并将其预期可供应的物料分配给特定/紧急订单；第三步，若审批通过，IPS 将在下次运行时精确提供指定物料给特定/紧急订单，完成转换。

场景三：物料分配。基于当前物料分配的约束，同步输出生产订单、发货计划和缺料计划。该机制的运行逻辑包括：第一，默认两周为一个时间区间，自该区间段第一天开始实施部件级别的物料分配。第二，基于产品品牌将相关物料分配到各销售地域或二级地域。第三，生产订单一旦建立，即意味着物料分配成功，所处时间段的物料可供应量减少，并据此计算该时段的供应短缺量（待采购量）。第四，通过“滚动“逻辑确定 PSD(Plan Ship Date)，在当前时段的物料分配数量无法满足订单需求时，PSD 将顺延到下个时段。

场景四：物料质量/物料清单/图像加载问题解决。当物料清单中所需物料因存在质量问题等处于“非活动“状态，或物料清单未最终确定，生产图像未加载完成时，生产订单则无法完成创建。为了减少取消订单创建的人力成本，整合计划方案支持上述问题的自动识别及标记，并在问题解决时再创建生产订单。若系统中的问题解决日期不准确或未更新时，IPS 将基于相关用户反馈界面的目标日期创建生产订单，并给定准确的 PSD。

系统功能特色：首先是灵活性：针对客户紧急需求，通过订单转换、设定优先级、定向分配物料等多种解决方案，充分满足最终客户需求。其次是适用性：根据不同制造工厂的实际操作环境设定其系统逻辑，以同时满足工厂和客户需求利益最大化目标。再次是扩展性：IPS 逻辑适用于不同产品，如有需求，其他制造类产品能够实现平行导入，即该系统扩展性强。最后是高效性：在缩减人力成本的同时，能够更快速准确地提供交付计划，并合理安排工厂生产执行，最终实现资源利用最大化。

解决方案实施收益：

- 交货准时：提高 FPSD 准确性，使其不晚于原定计划 3%。
- 系统增效：减少系统负荷 75%，外向 TMS（Transportation Management System）效率提高 40%。
- 成本降低：每年大幅减少运营费用，人力成本也大幅降低。
- 顾客满意：紧急订单满足率提高，多种解决方案促进顾客满意。

4.4.2 智能排程解决方案

：互联互通，柔性制造 ， 智能决策 ：大数据分析，人工智能

解决方案实施背景：

面对以算法为核心的 AI 浪潮袭来，联想借助其先进的全球供应链体系，大规模且集成的数据优势，结合机器学习算法实践，提出了联想智能计划及排程解决方案(Intelligent Planning & Scheduling)，该方案旨在通过高集成、自动化的需求和供应计划，突破原有的操作界限，将全部计划内容转变为一个柔性、连续的过程。在借助数字化转型提高组织内部运营效率的同时，该解决方案的实施有利于增强企业和上下游合作伙伴之间数据的互联互通，并为联想打造其“合作伙伴生态圈” 奠定了基础。 功能包括但不限于以下方面：

系统功能特色：首先，实现敏捷响应：对于客户订单实现实时承诺及反馈，快速有效响应不同场景的生产计划，自动化工单流程。提高不同场景准时能力，PSD 精准度进一步提高。其次，促进计划协同：订单计划与需求计划，供应计划，生产计划和发货计划通过智能协同以达成最优交付。基于真实产能确定的生产计划，能够有效避免产能浪费。通过提前获取准确的供应商交货信息，同步供应商交货与工厂调度，大幅降低因提前订购原材料而导致的库存成本，从而提高资源利用率。再次，智能模拟分析：通过大数据，机器学习实现最佳交付执行参数的自主调整。允许用户在不影响主排程计划的情况下，建立多种可视化分析场景，并对场景当中的排程数据进行任意更改，并查看由此引起的绩效变化，以获得最优的生产计划方案，进一步提高订单交付能力。最后，性能稳步提升：应用最新的内存计算技术，全面提升 IPS 执行性能，在支持复杂 BOM（Bill of Material）模型，处理 CTO（Configure To Order）订单，以及应对大业务量挑战的同时，保障系统性能稳定高效。

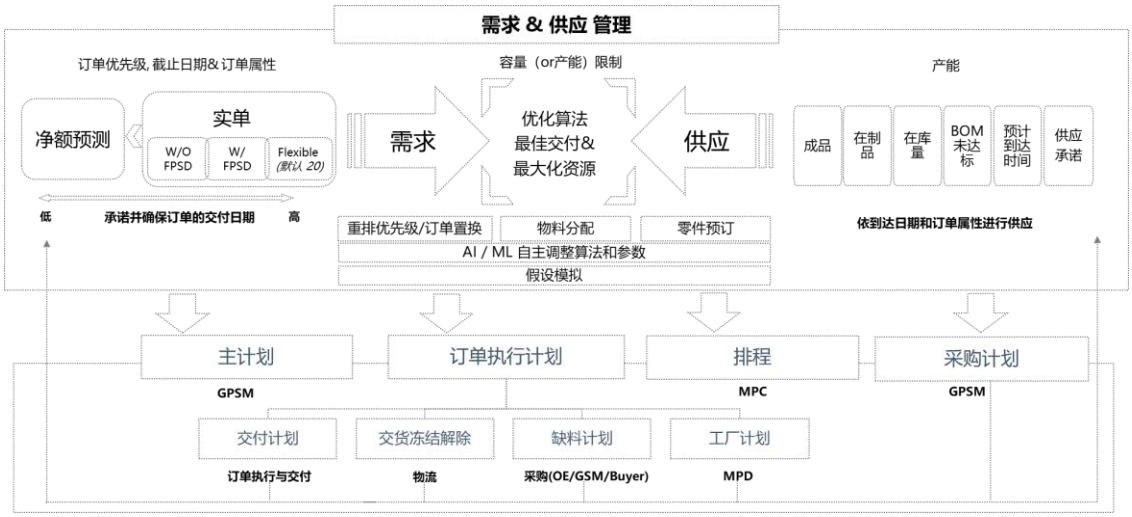


图 4-4-3 联想智能计划及排程解决方案

解决方案实施收益：

- 减少成本：减少计划编制人员数量，降低企业人工及设备使用成本。通过优化规划、实现精益生产，大大降低库存消耗及过量库存成本。

- 促进成单：提升时长反应能力，积极应对紧急插单、追加订单，快速答复客户交期，增加成单机会。
- 准时交付：合理安排产能，避免忙闲不均。优化生产计划、提升生产效率，确保订单准时交货。
- 避免损失：缩短生产计划编制及调整时间，及时调整因为产线变化所引起的订单计划延误，优化采购方式，避免供货延误，从而减少不必要的损失。

4.4.3 智能预测解决方案

：互联互通，智能决策 ：自动化，机器学习

解决方案实施背景：

在复杂多变的市场环境下，企业如何及时准确的感知市场需求并快速的应对，对企业的供应链管理是一个巨大的挑战。在需求驱动下的供应链管理流程中，需求管理是整个流程的起始点，而需求预测是需求管理的重要组成部分。提高预测准确率，始终是供应链管理中的关键命题。

传统的统计预测方法灵活性不足，很难适用于复杂业务场景，预测质量往往依赖于业务人员的经验。而随着业务量增长和复杂度提升，业务人员对于预测的把控难度越来越大，预测准确率无法稳定在更高的水平线上。为此，联想探索实践了智能预测解决方案用于解决以上问题。

解决方案实施：

联想集团在多年的 IT 建设中，积累了良好的数据基础，产品团队通过对根据产品的历史订单、库存、市场趋势以及产品的分类属性等数据进行分析，识别和确定影响需求走势的关键因子（比如季节性，节假日因素，产品换代规律），在此基础上采用多种机器学习算法拟合，最后将多个模型输出的预测融合作为需求预测自动输出。

在模型建设的过程中，产品团队发现机器学习技术对于大样本数据的分析和模拟能力很强，但预测过程中存在诸多不可量化的因素，机器学习的算力和业务专家的经验的结合才是正途。在产品运营过程中，产品团队和业务部门保持定期沟通，根据业务反馈了解到了更多关于预测数据背后的因素和逻辑，并应用于模型迭代更新。形成了前期“人类”辅助“机器”，后期“机器”辅助“人类”的良性闭环。

该解决方案具备以下特性：首先，具有丰富的可视化界面，可以基于各个维度统计展示预测数据。其次，提供灵活配置，易于随时调整预测范围，可以及时根据实际市场行为和业务部门反馈升级模型，部署新模型和方法。最后，该系统部署在联想自有大数据平台，可以灵活扩展，高效计算，并保障数据的安全和可靠性。

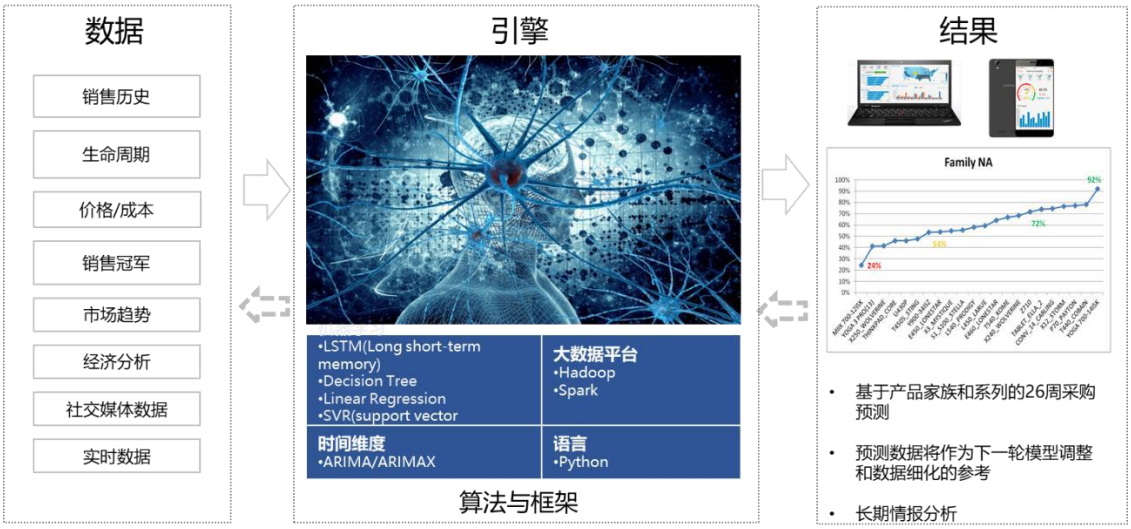


图 4-4-4 联想智能预测模型

该解决方案引入机器学习技术构建智能预测模型，结合传统模型和最新机器学习算法，可以为业务带来自动化、覆盖全面、更加快速和准确的需求预测，辅助业务做出更加合理的决策。目前，智能模型已处于稳定的运营状态，模型的整体预测准确率已经超越业务预测准确率。

方案实施收益：

- 助力交付：预测与实际市场需求相匹配，提高交付效率，提升客户满意度。
- 优化成本：通过预测准确率的提升，减少供应压力端，降低淤料风险及过量库存成本。

4.4.4 供应链智能控制塔

：互联互通，智能决策 ：云计算，人工智能

解决方案实施背景：

随着联想国际化进程，联想供应链解决方案也不断发展壮大，涵盖了销售、计划、采购、生产、物流、质量等各个业务环节，全面支持电脑、手机、服务器、智能设备等全球业务的自动化运作。

在数字化转型的浪潮下，联想也及时进行战略部署，将企业中台，数据中台做为公司的重点策略。然而联想供应链涉及的上百个系统，各个业务线有不同的运作模式，存在上下游系统间的数据规范不统一等问题，让整个供应链在数字化转型和智能化转型充满挑战。

面对供应链的诸多痛点和缺乏端到端可视化，缺乏端到端的数据分析和智能决策支持，联想结合了自身的业务难题和行业的最佳实践，打造一个端到端的智能控制中心，让供应链的运作更加顺畅，能更快更优地适应供应短缺，需求波动，质量异常等常见供应链变动。供应链智能控制塔解决方案主要应用于以下四个场景应用中：

场景一：订单履约异常：从订单下达到订单交付给最终客户，中间横跨多个系统和业务部门。订单未能按照客户要求时间交付，会有多种原因导致，不同环节解决方案不同。控制塔针对订单履约的业务 KPI 指标和常见问题进行监控分析，给出合理建议，帮助整体 KPI 和客户满意度提升。

场景二：供需不平衡：此问题时供应链中的常见和核心问题，对已经发生的问题第一时间预警并提供有效的智能改进建议，对于未发生但是有隐患的问题进行提前规避，可以提升供应链的柔性和弹性，支持整体销售指标的达成效果显著改善。

场景三：库存呆滞：当期冗余库存或远期没有需求的库存是导致供应链成本增加和现金周转减慢的主要原因，加快库存周转率，降低呆滞物料资金占比，增加销售收入，是库存管理的核心策略。

功能特色：供应链智能控制塔是供应链运作的指挥中心。控制塔提供了全方位视角，打通了端到端的数据链接，能更全面的从客户、区域、运输、物料、产品，工厂等不同维度来审视供应链的业务问题和改进点。功能特性包含了可配置仪表盘、业务分析决策旅程和业务事件管理中心。

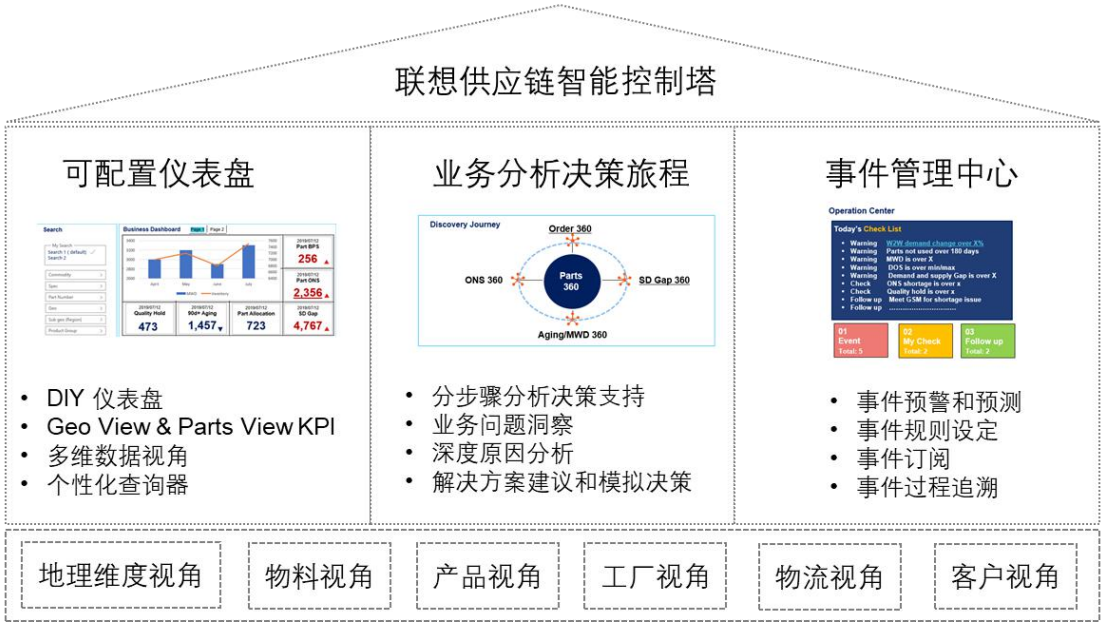


图 4-4-5 SCI 控制模型

首先是可配置仪表盘：包括 1）DIY 仪表盘，灵活根据各自的关注点来设计页面内容和布局。2）基于 KPI 管理的全方位供应数据可视化。3）支持不同数据维度，从区域、品牌，到物料组等，问题定位更加精准。4）支持个人自定义过滤器，大大提升数据查询速度和交互体验。

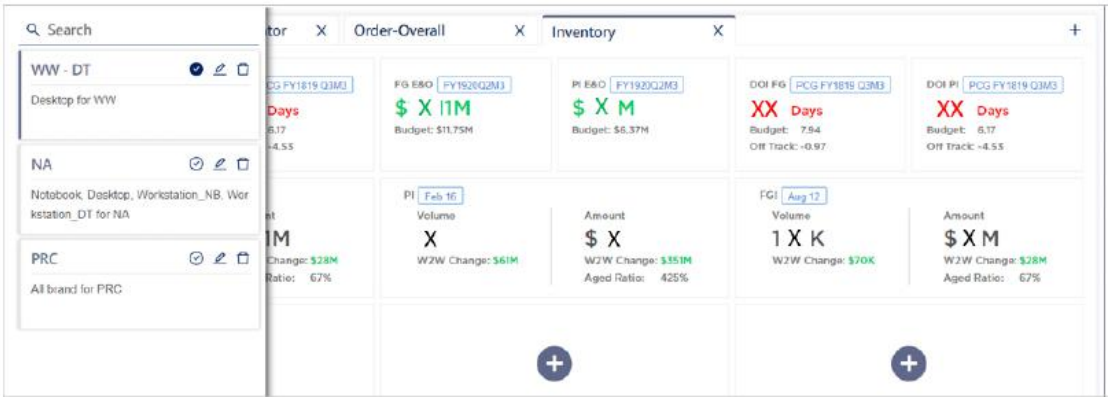


图 4-4-6 SCI 可配置仪表盘

其次是业务分析决策旅程：包括 1）提炼核心业务场景，细化业务流程和分析步骤；2）实现全旅程可视化，分步骤分析；3）提供分析洞察，帮忙业务快速定位当前问题；4）对于问题提供原因分析，以便精准定位改进方案；5）提供建议解决方案，辅助业务决策和优化流程；以及模拟决策分析，支持业务快速决策。

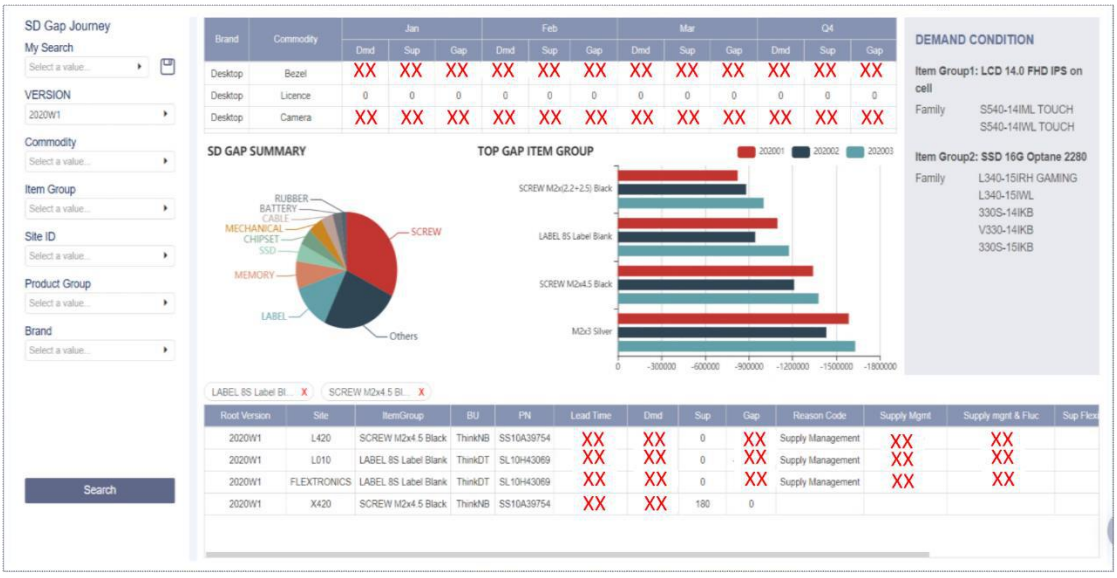


图 4-4-7 业务分析决策旅程

第三，事件管理中心主要包括：1）灵活定义事件规则；2）自动进行事件预警；3）支持事件订阅和查看；4）事件处理进度监控，提升事件解决速度。

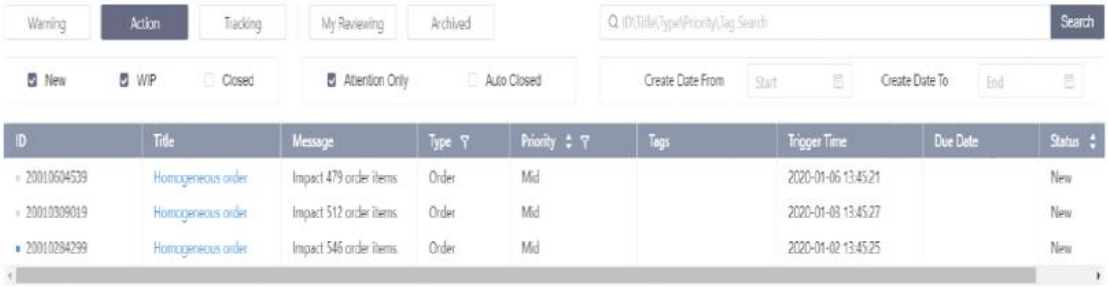


图 4-4-8 事件管理中心

解决方案实施收益：

- 交货准时：提高端到端 FPSD 和预测的准确性，减少 PSD 变化对客户的影响。
- 增加营销：通过需求感知和引导，提升需求和供应匹配度，整体提升销售业绩。
- 成本降低：减少呆滞库存, 提升库存周转率和提升呆滞库存管理效率。
- 顾客满意：提高订单满足率，缩短订单端到端交付周期，多种解决方案促进顾客满意。

4.5 应用场景一采购管理

4.5.1 全球供应协同解决方案

：互联互通，闭环质量，智能决策 ：大数据，云计算

方案实施背景：

在联想传统的供应体系中，很难获得确切的供求关系，无法评估供应波动对实际订单的影响，需要建立供应数据全链条的可视化平台；没有 What If 的模拟平台，帮助业务人员做出准确的判断；另外，客户的个性化需求增多，需要完整的客户画像，帮助业务部门做精准的决策。

全球供应协同解决方案方案主要应用场景包括：

场景一，供应数据全链条的可视化：供应商深度协同是一个首次集成供应商内部高粒度数据的项目，包括生产数据，工单，流水号及条形码信息。供应商深度协同可以帮助联想实现每日更新关键部件的端到端库存数据，保证关键物料不会丢失。为建设联想协作生态系统奠定基础，对联想供应链数字化转型具有关键的作用。为客户提供精确的供应数据，实现完美交付。

场景二，供应商分级管理：根据供应商信息化程度，将供应商分成若干级别进行数据协同：包括实时协同，定时协同，Daily 协同，Weekly 协同。

场景三，What If 的模拟平台建设。基于系统的假设分析模拟工具，可以对各种业务场景中的问题进行预分析和预警，提供分析结果的实时能力提出最佳执行方法，从而帮助利益相关者做出决策。

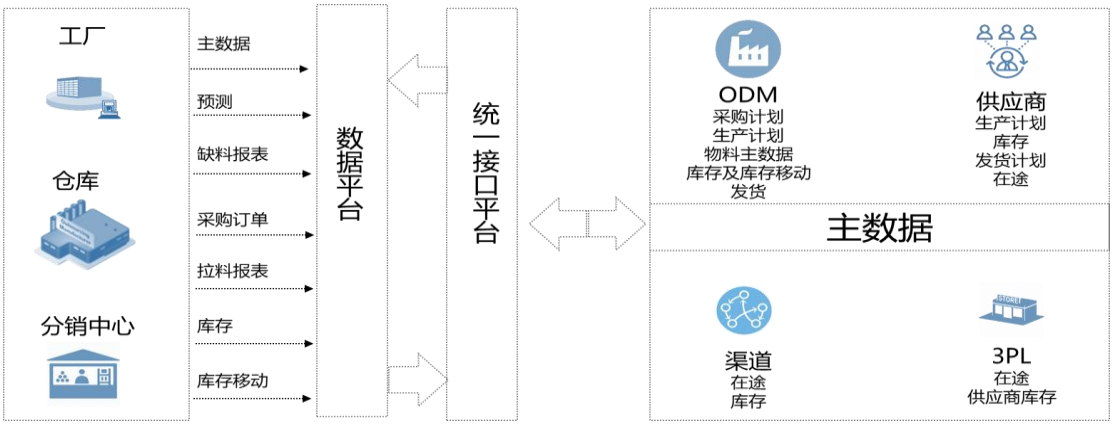


图 4-5-1 供应商协同

方案实施收益：

- 实时的库存可视化和数据跟踪报告。
- 更好的管理 ONS（Order No Supply）无供应订单，和 BPS（Backlog Part Shortage）欠单缺料报表，从而提高订单交付能力。
- 深度的供应协同，为创造联想的生态系统打好数据基础。

4.5.2 采购计划解决方案

：互联互通，智能决策 ：云计算，人工智能

方案实施背景：

联想在采购方面面临的主要挑战包括两大方面：

首先，在基础数据方面（物料主数据，供应商主数据、货源清单、合同、价格等）过于分散，维护平台不统一，导致 PR（Purchase Requirement）/PO（Purhcase Order）不能及时正确的下达，具体表现为：1）下单平台分散，格式不一致，多种与供应商集成方式（SUS（Supplier self-services），EDI，Email，电话），导致下单延迟或失败，供应商确认不及时；2）原材料在途信息没有可视化平台；3）港仓预转储系统没有实现自动化。4）缺乏供应商供货计划、供货节奏的全链条跟踪及预警。5）缺乏可追溯的统一的付款平台。6）缺乏 RMA（Return Material Authorisation ）&DOA（Defective On Arrival）包括质量，采购，财务，物流等统一的多方协作平台。7）部件预测变化频繁 。

其次：真实订单与预测偏差大。具体表现为，由于市场环境的不确定性和客户画像的不清晰，真实订单往往与预测差异较大，这给后端供应链的支持提出更高的要求，需要快速响应真实订单需求，由此也会带来 MWD(Material Without Demand)需要前端承担风险。特别是关键物料行业性短缺，影响整体投单节奏（M3 占比 50%）。为此，联想应用了在智能制造背景下的商务及采购执行解决方案来解决相应问题。

解决方案实施：

在联想供应商协同中心（Supplier Collaboration Center）简称 SCC，分四个层次解决采购商务及采购执行中协同问题。

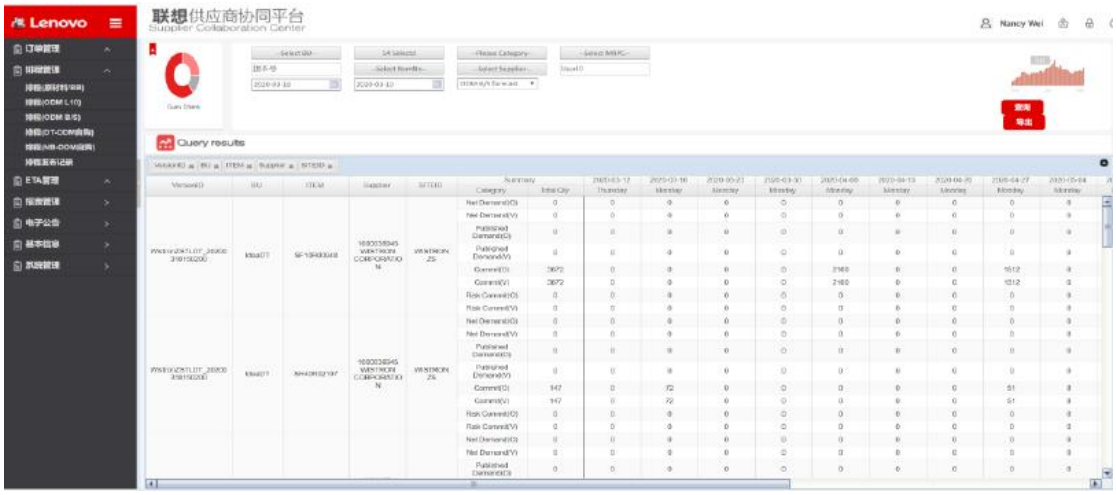


图 4-5-2 采购计划协同平台

第一，计划发布及调整（正负 Hedge）协同（Forecast）。联想 GSM 每周定期向供应商发布更新的预测需求，如果需要调整需求，计划和供应人员可通过正负 Hedge 的形式进行调整。

第二，供应数据协同，其主要包括：1）所有供应商每周定期反馈未来 13 周（中国区）或者 26 周 ROW（ Rest Of World）的供应状况，计划部门根据部件的答交，汇总成整机 Level 的供应计划给到各个 Region。2）供应商可以根据不同的版本查看发布 forecast 和 commit 的历史记录。3）根据 planing 系统计算生产计划后，通过 SCC 平台发布 Missing Parts 给到供应商。4）供应商也会基于 SCC 平台发布 ship plan（ETA），在深入协同（SDC，supplier deep collaboration）平台中 Supplier 还会发布 backlog report，范围更大，数据更加准确，最终将应用于联想的生产计划及订单交付。

第三：Report 协同（Commit Accuracy Report、Waterfall、W2W Change、MWD）在供应商协同平台中提供了符合业务需求的定制化报表，帮助业务及时准确的了解供需情况。

第四，平台自动下发报告：

DOI Dashboard	Waterfall Report	Commit Accuracy Report
Biz Report	Pre-Alert Report	MWD Report
GR Weekly Report	W2W Change	ETA Accuracy Report

方案实施收益：

- 预测确认的周期缩短到 1 周。
- 快速准确的供应协同可以大幅增加公司利润机会。
- 大幅减少由于供应商数据错误导致的订单取消的损失。

4.5.3. 采购执行解决方案

：互联互通，智能决策 ：物联网，机器学习，语音识别

方案实施背景：

由于市场产品需求多样性不断增强，供应链也逐步愈加复杂，而在采购执行方面工作中存在的问题表现得愈加突出，其主要包括：1）多操作平台：操作复杂度，数据跨平台传输。集合各平台功能的单一登录接口，统一各数据平台标准。2）信息壁垒：跨职能业务实时透明信息传递。3）风险管理机制：协同仅仅就是协同，协同信息加工不够。需要建立协同信息来完善风险管理机制。4）企业与供应商利益平衡：协同不应以单方利益为重，重视共享带来的额外收益。5）新技术应用风险：新技术应用成本高，成熟应用案例较少，参考有限，项目管理有难度。

解决方案实施：

联想提出全方位供应商协同解决方案，利用高度智能化供应商协同平台，全流程实现信息多维度，精细化共享、业务数据实时传递，智能决策，预估风险，实现供应与生产的高度配合，提高企业与供应商的作业效率。通过供应商与企业建立伙伴关系，针对生产和市场的变化，敏捷应对、随需而动，构建企业具有竞争力的供应链体系。该平台主要包括如下特色：

第一，集合各平台功能统一登录接口（统一智能平台操作）。可与供应商自己的系统及其他主流系统进行数据对接，提供集成接口，统一登录接口。同时可进行二次开发，最终实现统一智能平台操作。

第二，全流程，端到端业务支持。从研发、预测、订单到物流、库存、质量、出货、售后信息全面协同协作。业务过程可视化，智能订单处理，收发货协同，物流可视化，自动精准入库，质量监控协同，财务电子对账，从数据传输，业务数据，比对结果差异到异常实时跟踪，实现不同层次的可视化，提升透明度。可实现如下功能：1）联想 BOM 和供应商 BOM 的关联：能分析产品原料齐套率，对零部件缺货进行全面分析。同步供应商生产订单，生产执行情况，和质检信息。2）采购成本及收货时效优化：可结合承运商给出的配车信息，货物的尺寸重量，托盘信息等，算出车辆满载率，并对满载率不达标的情况给出建议。到货后，按照货物的种类尺寸到货时间智能分配卸货平台，自动识别精准入库。3）各运输路径节点提前期作为主数据存储于供应协同平台。通过物联网技术实现运输可视化。并可以推测到货时间、与 ETA 的差距、SLA（Service Level Agreement）达标情况、运输成本分析等。4）应收账款可事先发布到供应协同平台，待供应商确认后，在平台一键同步数据到各个系统，生成相应的单据。

第三，风险自动预警。设置节点跟踪功能，自动比对结果异常，可选择预警对象。同时可

发短信，微信，邮件等通知相关方，智能判断，给出应对方案。可将业务的 KPI 设置到平台中，实时共享 KPI 完成情况，即将超于预算或不满足 KPI 有预警。使得考核变成事前处理而不是事后分析。

第四，实现企业和供应商信息充分共享，建立稳定双赢的合作伙伴关系。1） 提高双方配合度和工作效率：信息共享涵盖企业和供应商各节点信息流转，包括预测，采购，生产，销售，售后各个业务模块。2） 软性收益：供应商可以更好地了解企业及最终客户的产品需求，从而更有效地制造产品。协同平台设置质量反馈信息，实时反馈给供应商，供应商端可以根据客户反馈研发产品并监控质量。

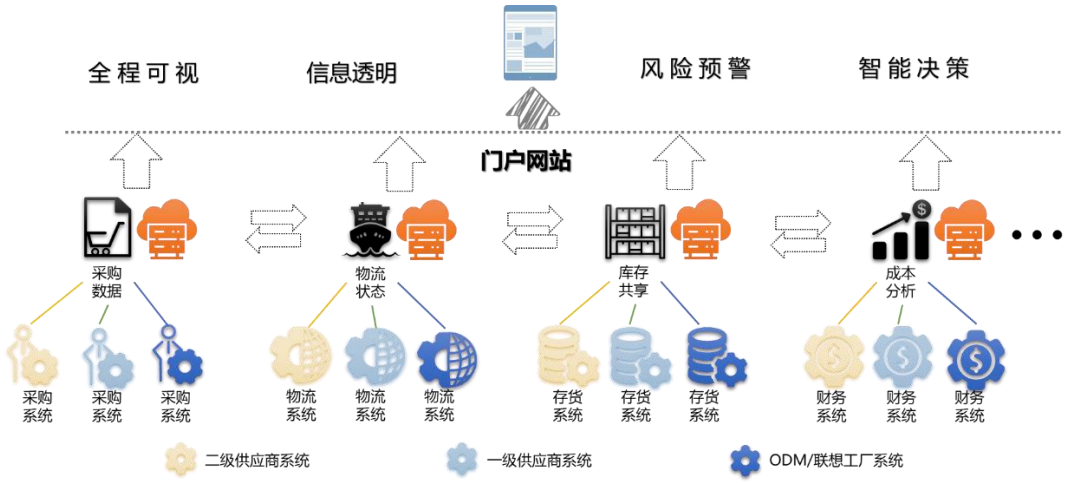


图 4-5-3 供应商协同平台架构

第五，在实施过程种应用了以下新技术，企业可以作为主导方，为供应商作技术指导，提供成功样板，设置适用的应用功能。1）云部署：供应协同平台基于云部署，实现移动供应协同办公，优化用户体验，增强用户使用意愿，及时响应供应变化。2）机器学习：可帮助处理预测供应协同的风险，实现事前预警。找出供应协同的问题原因，实现事后改进等。例如，快速响应：当前端需求变更时，供应协同平台可作为统一指挥中心，与供应商一起快速做出决策，响应需求变化。3）物联网：可将传感器装于高价值货物，借助物联网技术实时追踪货物运输过程，信息同步到供应协同平台。4）OCR，语音识别技术，软件流程自动化 RPA：减少人为输入量，提高工作效率。

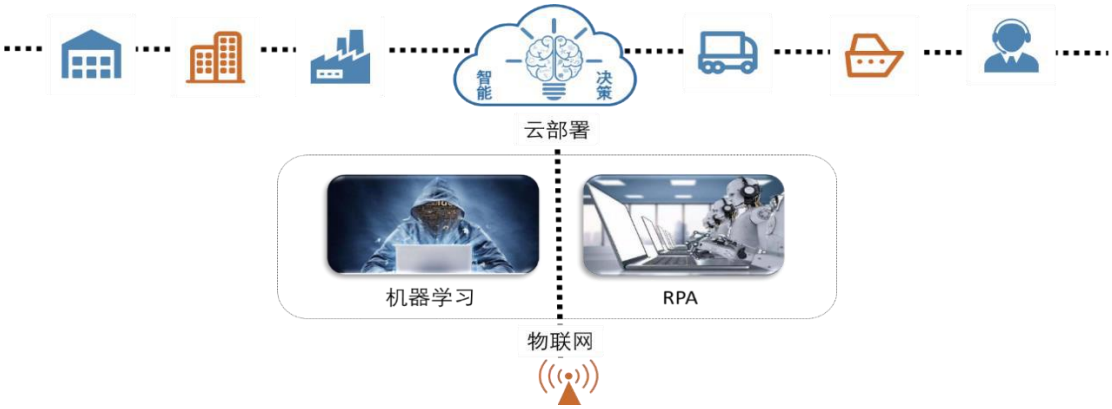


图 4-5-4 新技术的应用

解决方案实施收益：

供应商可以更好地了解企业及最终客户的产品需求, 从而更有效地制造产品。协同平台设置质量反馈信息，实时反馈给供应商，供应商端可以根据客户反馈研发产品并监控质量。

总而言之,供应商协同管理模式大大降低了整条供应链的运营成本,提高了对顾客需求的反应速度,为双方带来了丰厚的回报。双方在数据交互，信息传递方面的不断深入，发挥各自的优势和主动性，形成双赢、稳定的战略合作伙伴关系，互惠互利。

未来与展望：

在供应商深度协同的基础上，把全方位供应商协同作为供应链协同的一个有机组成部分，实现供应链的深度协同。

供应链协同是供应链中各节点单位实现协同运作的活动，为实现共同目标而努力，建立公平公正的利益共享与风险分担的机制，在信任、承诺和弹性协议的基础上深入合作，搭建数据信息技术共享平台及时沟通，进行面向客户和协同运作的业务流程再造，最终达到多方共赢。供应链协同从实现范围上由两个方面组成：内部的协同和外部的协同。1）内部协同是为了企业内的供应链各个职能部门，各个业务流程能够服从于企业的总目标，实现不同部门，不同层次，不同周期的计划和运营体系的协同。如研发、预测、计划、采购、物流、关务、库存、生产、销售及财务间的协同；战略，战术，执行层次的协同；长期、中期及短期规划间的协同等。顺畅的工作流，信息流，合理的组织结构设计，动态的流程优化思考是实现企业内部协同的有力保障。2)外部协同为更广泛的供应商协同，除生产供应商外，还包括物流供应商、服务供应商等。

4.6：应用场景一生产运营

联想主要产品包括个人电脑、服务器及存储产品、工作站以及平板电脑、智能手机和智能设备在内的家庭移动互联网终端，产业链包括产品的设计、验证、制造、货运、服务全过程。生产环节通过供应链体系，根据订单整合供应商的材料部件在工厂完成制造和最后的包装出货。随着科技的发展，市场竞争的日趋激烈，及用户需求的差异化及快速变化，生产环节面临着客户订单“少量多样”的挑战，以及由此带来的运营、成本、劳动力、供应、质量、安全、设备、技术等多方面的压力。

从产品生命周期看，产品从概念设计到试产量产过程中各个业务环节的衔接是否高效一致，是减少错误、减少由失败导致的损失的抓手。随着产品复杂度越来越高，迭代周期要求越来越短，质量需求越来越严苛，要求公司的研发领域和制造领域能深度协同为运营降本提质；同时，为了产品组合的增加/优化以及高效响应上游市场多样性、创新性策略提供有力支撑，也希望通过智能制造手段夯实的产品生命周期流程体系基础，并从运营层面提高整体的效率。

为此联想大力推进生产过程的数字化和智能化，形成了独立自主的产业解决方案，包括不限于生产过程自动化解决方案，数字孪生解决方案，MES（Manufacturing Execution System）生产系统解决方案， LCD 自动检测方案，生产归因分析解决方案等可在业界进行推广的解决方案。

4.6.1 产线自动化解决方案

：互联互通，柔性制造 ：边缘计算，物联网

方案实施背景：

联想惠阳工厂做为联想台式机的主要生产基地，之前主要采用人力密集型的生产组装方式。为了改善生产效率，进一步提升产品质量，惠阳厂实施了流程再造与自动化工程。该工程主要内容是通过对整个流程进行梳理重排，促使生产制造过程更加通畅并且将可自动化项目进行集中，通过自动化工艺进行自动化替代，实现人力节省与效益提升的目标。其主要涉及的应用方面包括四个方面：

自动化技术	治具开发	IE技术	测试开发技术
多轴机器人 视觉技术 AGV搬运技术 物料分拣技术	治具设计 治具加工 系统仿真 模拟展示	效率持续提升 流程再造 工艺改善、Layout设计 线体改造、产能提升	产品镜像制作 产品功能测试的实现 生产网络软硬件维护 信息系统开发

自动化方案实施：

联想惠阳工厂自动化线体根据订单类型分为三种模式，大批量、高自动化的火星线模式，中批量、高自动化、高效率的雷霆线模式，小批量、高自动化、高柔性、高效率的闪电线模式。分别对应不同的订单体量，做到对不同订单形式针对性匹配，实现订单的高效生产以及线体的高效利用，从而实现综合效益的优化。

图 4-6-1 三种不同实施方案

功能特性：三种战略线各自在订单处理以及细项运作过程中，呈现不同的特点以及优劣势状况。在产线实际操作过程中，工厂因线施策物尽其用，最大化发挥各个线体的优势，促使工厂运作更加流畅，成本更加节省，匹配状况如下表所示。

项目	火星线	雷霆线	闪电线	影响
订单机型	大单	中单	小单	
成本	极低	低	中等	
是非需换线	需换线	不需要	不需要	切换时间影响成本
上下测试	自动	自动	自动	自动则节省人力
包装料、线边料	上3楼作业	1楼作用	1楼作业	楼层低节省人力前置之间短
下码盘方式	搬运	自动	自动	自动则节省人力

设计理念：火星线线体主体分为备料上料区，主线体区，测试区，包装区 4 个大模块。上料区包含：4 大件（光驱，显卡，电源，硬盘）自动上料模块，上机箱模块；主线体区包含：机箱处理模块，主板自动组装模块，整机组装线提；自动测试区包含：自动测试 AGV、测试机架、测试位；包装区包含：包装盒自动组装上料，机箱后加工与贴标，自动装箱，自动码垛等模块。

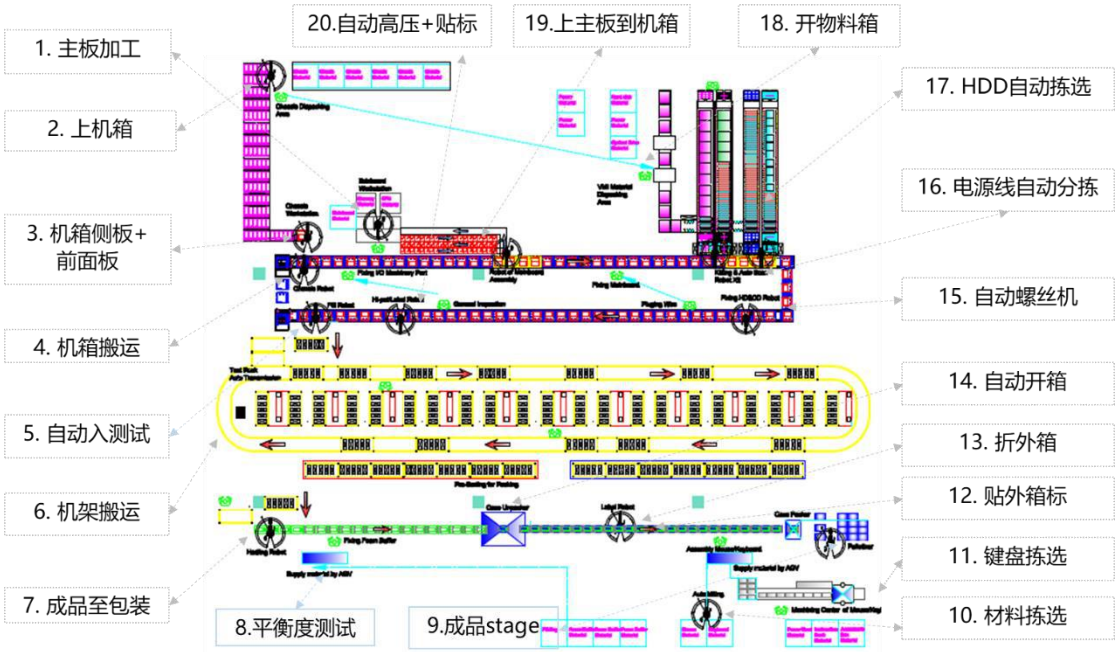


图 4-6-2 设备实施方案

闪电线（雷霆线无 kitting 模块，主线体与闪电基本一致）主线体作业流程包括机箱自动开盖，自动辅料 kitting 货架，组装 4 大件（光驱，硬盘，显卡，电源）自动挑料，自动上料供应等模块。

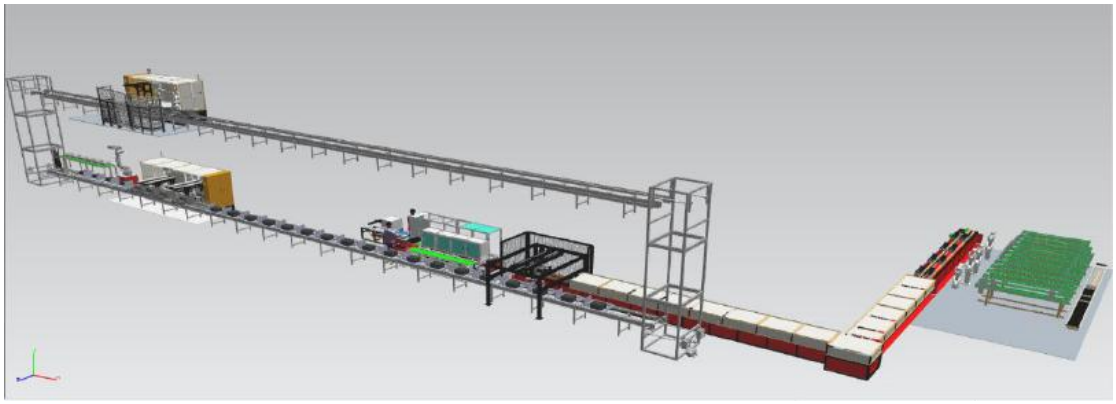


图 4-6-3 闪电线前置加工以及组装段

在测试方面，雷霆线采用轨道式倍速链的方式测试，而闪电线则采用立体行车+多层测试库位的方式。闪电线相比雷霆线设定了四条行道进行缓冲，倍速链测试变更为立体库航车测试模式，使测试能够完成双机台单独测试（一个工装板放入两台机器）使得测试线可以适应小批量订单测试的需求，并且提高了测试位综合利用率。

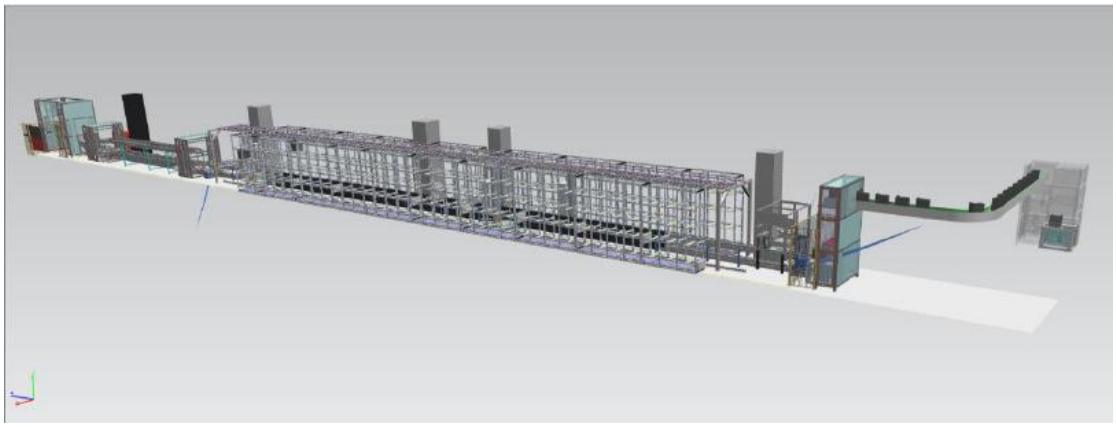


图 4-6-4 闪电线测试方案

在包装段在采用更大规模资料盒 kitting，键盘 kitting 线，优化机械手自动挑料逻辑，优化了三楼自动下二楼的设计，使资料盒与键盘能更高效的供应二楼包装主线体。

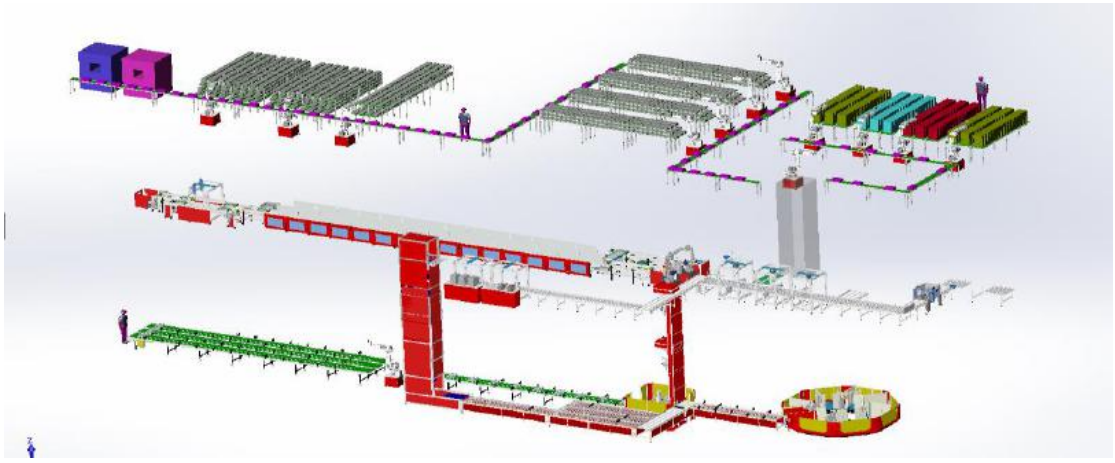


图 4-6-5 闪电线包装解决方案

解决方案实施收益：

在不断探索的过程中惠阳联想不仅积累了宝贵的自动化经验，而且还实现卓越的效能达成，其中：

- 火星线通过流程再造与自动化导入实现相较于传统产线，UPPH 提升 60%。
- 雷霆线在火星线高 UPPH 的基础上，实现更小订单，并且 UPH 相较火星线提升近一倍。
- 闪电线积累雷霆线经验，并通过 kitting 线实现高主线 UPH 的前提下，使小订单的产出相较于传统线 UPPH 提升 50%，UPH 提升 30%。

4.6.2 MES 管理系统解决方案

🏷：互联互通，柔性制造，闭环质量 🏷：自动化，人工智能

方案实施背景：

联想全球拥有多个生产制造基地，因建厂时间及地域的不同造成生产 MES 系统的不统一，系统功能复用不佳，存在重复开发及运维困难，不同工厂间产能转移费时费力，在当前日益激烈的市场竞争中处于不利的条件。

为提升制造竞争力，优化企业生产管理模式，强化过程管理和控制，实现精细化管理，加强各部门的协同办公能力，统一规范的生产管理信息平台，联想整合现有系统并开发统一的 MES 解决方案用于笔记本、手机、X86 服务器、平板等产品的生产制造支持。其主要应用场景如下：

场景一，针对产品型号多、生产流程控制各不相同等不足，支持业务通过可视化配置工艺路线快速匹配新生产流程，快速支持新产品生产。

场景二，针对产线工位任务众多，需要适配打印、数据采集，防呆及设备控制等需求，通过基于 XML 配置的客户端管理模块支持快速灵活创建工位功能。

场景三，支持各级业务对生产产能、当前生产状况的获取，支持业务通过实时产能看板对生产产能进行实时的管理与规划。

场景四，当生产发生异常时，支持业务通过质量预警看板实时监控异常工位，并通知相应的业务进行及时处理。

场景五，针对生产物料多、上料复杂、人员成本持续上升的挑战，支持通过自动化模块对自动化设备进行管理，可进行自动 pull 料、自动组装与包装，极大的提升了生产效率，降低生产成本。

场景六，通过系统集成平台，支持实时获取生产订单，实时交付成品入账。

场景七，支持对 windows license key 进行统筹管理并可随时获取 key 的状态，通过统一的 OA3 管理平台进行生产 KEY 分配、报废，根据产能实时规划库存。

场景八，支持跨工厂生产，系统通过统一的转产接口模块，可实现生产数据交互，支持业务快速转产需求。

联想 MES 管理系统是通用的智能化制造执行解决方案，实施成本低，能够轻松解决企业自动化控制问题。

图 4-6-6 产品模块图

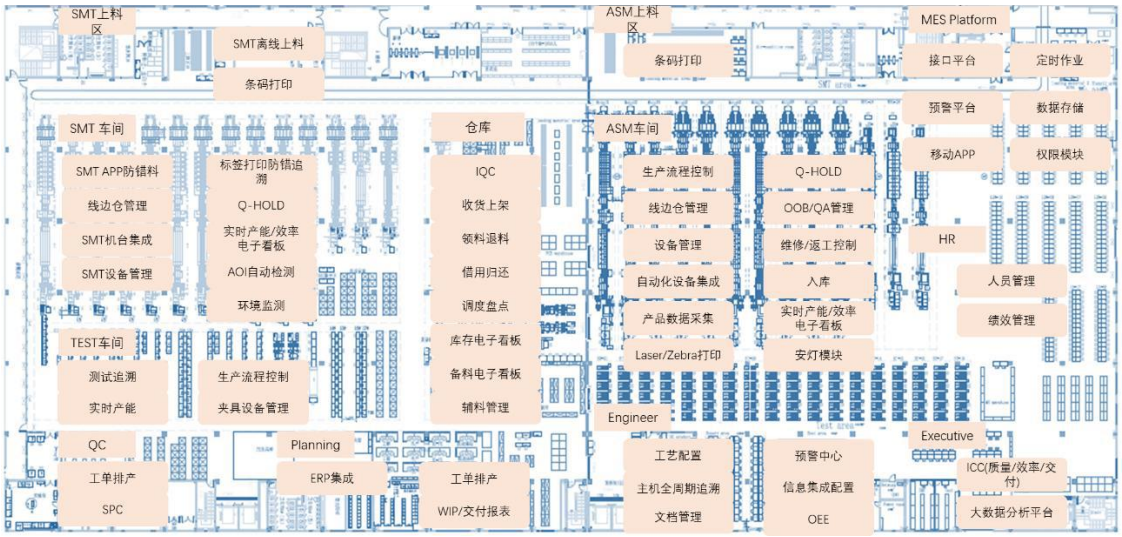


图 4-6-7 MES 管理产线布局图

系统架构主要特色包括：1）支持 Mysql，DB2，Oracle 等主流数据库。2）支持 CentOS 及 Windows 服务器操作系统。3）采用 JAVAFX+SpringCloud 架构支持客户端设备调用及生产流程控制。4）采用 JavaFX+SpringCloud 架构支持 Web 及云服务。5）搭建分布式 JOB，灵活部署 job 应用。6）统一的自动化设备接口，适配各类自动化设备，如机械臂，自动投料设备等。

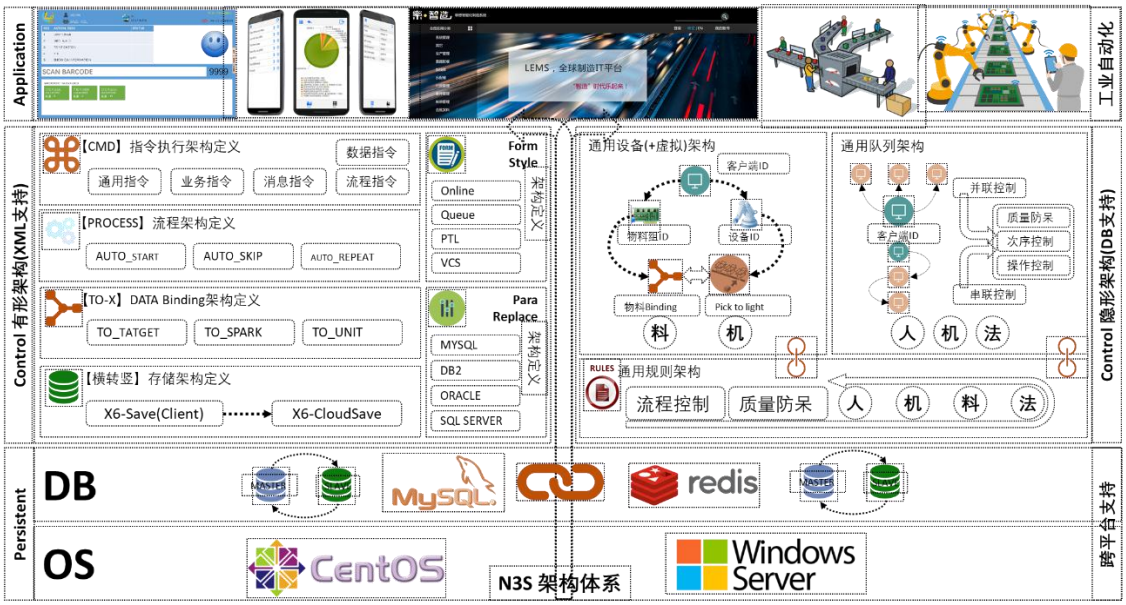


图 4-6-8 产品模块图

联想生产制造系统 LEMES 能够支持联想全球各制造基地不同产品的生产制造。系统主要功能包含： 1）权限设计：针对不同的业务拥有的不同的权限设计，权限控制可微观至页面元素级别，如某个按钮或某个链接，灵活应对不同的业务场景。2）生产管控： 基于可视化的生产流程配置及校验功能定义，灵活进行生产流程控制、数据采集及设备调用与标签打印。3）标准报表：定义了业务常用报表，比如产能报表、24 小时关单率、时段产能报表、Q-HOLD 质量报表等。 4）友好功能：针对客户实际操作的易用性，LEMES 产品提供了其它辅助功能。包括国际化支持、可视化拖拽方式管理工艺路线、可见即所得的标签设计打印支持、灵活的序列号自定义规则等等。5）自动化数据收发：通过接口自动获取工单信息，完工后自动传输生产数据，测试数据交互防呆，极大的降低系统交互的工作量。6）自动化设备支持：SMT 设备交互精确计算物料使用量，机械臂控制支持自动化生产，AGV 交互满足自动化物料配送。7）物料使用管理：根据生产计划，分批次按需拉动及配送，降低现场物料堆积，减少自有仓库存。8）维修与返工：对于生产中的产品进行维修支持，对市场返厂的产品进行返工支持。9）完善的追溯功能：主机全生命周期追溯报表，license key 从启用到入库全流程追溯报表，订单生产情况全追溯报表等。

解决方案实施收益：

LEMES 产品整合联想各工厂底层架构，极大的降低了系统搭建与运维成本；功能配置及可视化操作增强业务功能弹性，提升柔性制造生产能力；对自动化设备的支持，避免了人工操作的故障，提升产品质量与生产效率。

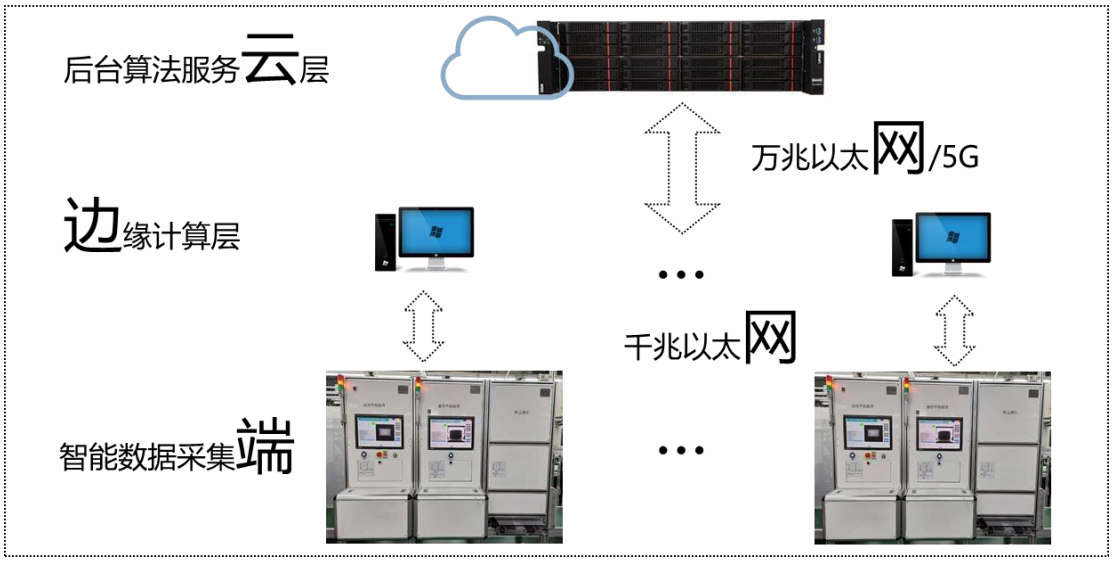
4.6.3 LCD 自动检测解决方案

：智能决策，闭环质量 ：人工智能

方案实施背景：

通常对LCD/LED 屏幕不良的测试和判决是通过人眼来完成的，传统的检测方式存在诸多弊端：在连续性方面，人工操作易疲劳，易人为误操作；在精度方面，肉眼精度低，且存在很多不确定性；在生产效率方面，人工检测效率低下，且一致性较差。为此，联想全球工程团队与联想研究院联合研发了 LCD/LED 屏幕智能视觉检测系统和自动化设备。该设备通过机器视觉检测技术代替人工肉眼检测，实现针对 LCD/LED 缺陷检测以及定量自动判定。该方案不仅提高笔记本生产的测试效率，而且对于确保不良品被准确及时检出，保证产品质量做出贡献。

联想 LCD 自动检测解决方案主要产品及功能模块组成：



产品功能特征	
人工智能深度学习算法 + 传统算法加持	支持 4k以及以下分辨率屏幕
业界首创水波纹不良检出	在线测试时间11秒
自适应适应12` ~ 17` LCD/LED 混线生产	自主学习判定新型缺陷（测试检出一体化）

图 4-6-9 产品及其模块

解决方案实施：

联想 LCD/LED 智能检测解决方案包含前端拍摄，后端深度学习分析两大系统。后端系统通过 Web 实现管理。该平台利用云化共享，实时监控整个系统运行状态。并定期自动生成数据分析报告以供相关单位参考借鉴。

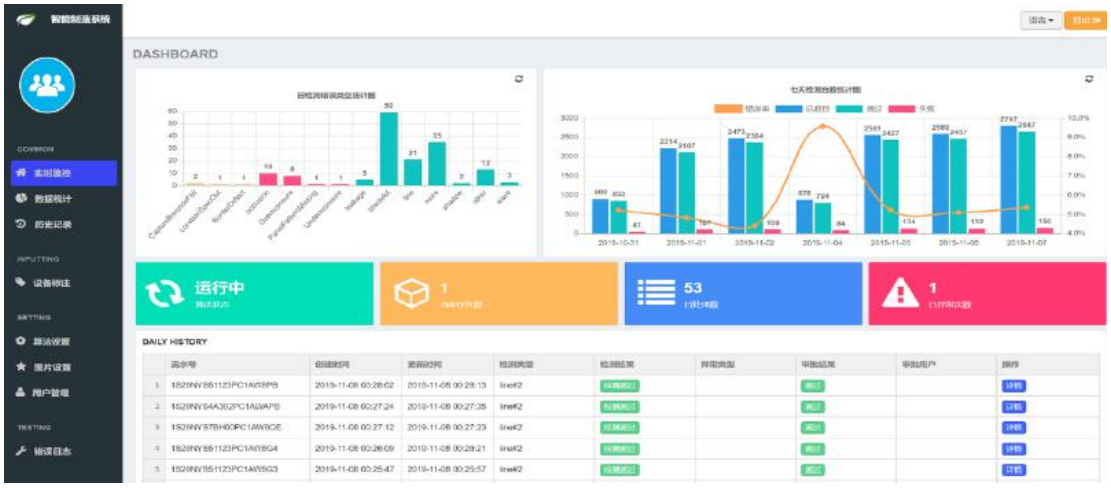


图 4-6-10 后端平台展示

前端系统主要负责控制设备按照产品类型进行光照，拍摄，取样，预处理，上传取样照片等相关动作。该系统自动根据不同产品类型，尺寸，标准精确设置相关参数，保证客观获取被检测产品特征取样并实时高速传输到后台分析系统。

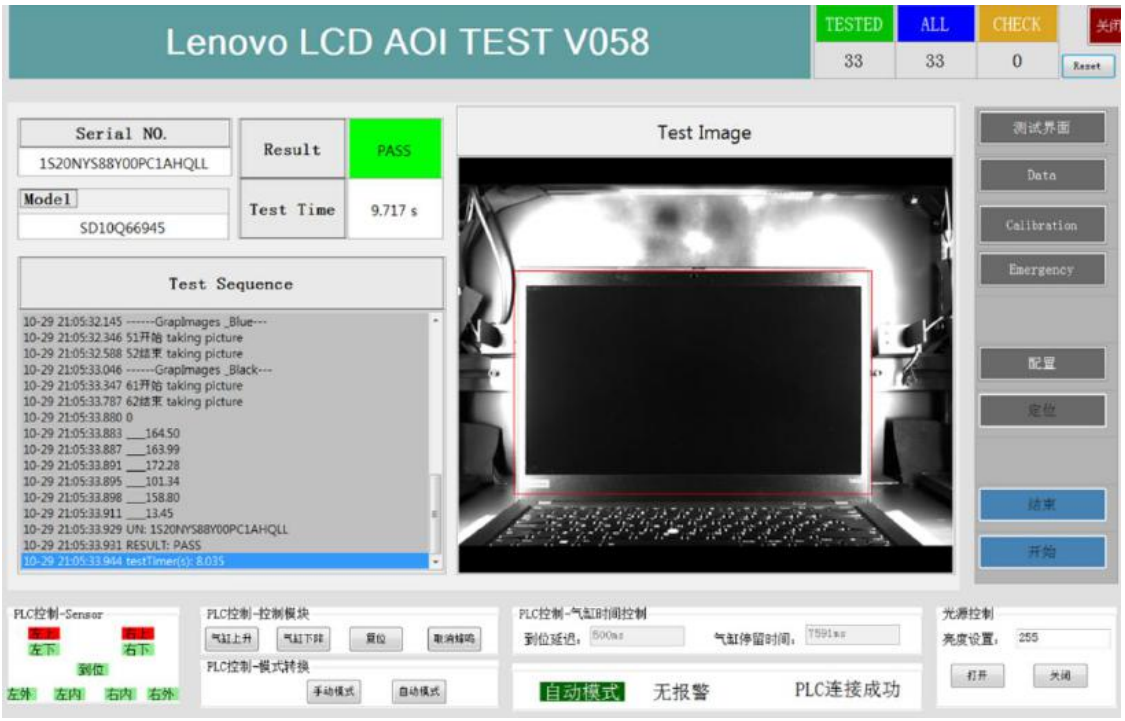


图 4-6-11 前台拍照处理平台演示

目前该系统能够准确识别并判定 LCD/LED 屏幕主要缺陷问题如下图所示。可以根据深度算法学习准确报警未知缺陷问题。

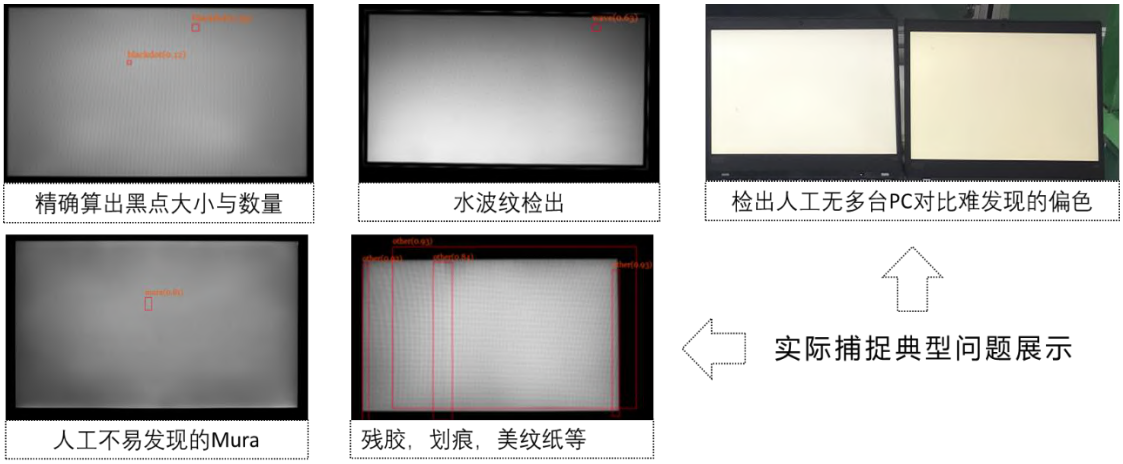


图 4-6-12 前台拍照问题识别展示

类别		Lenovo LCD AOI
	屏幕不良覆盖范围	亮线，亮点，黄斑，白斑，异色，漏光，阴影，划痕，水波纹
	屏幕适应尺寸	12`~17` LCD/LED Screen（1k,2k,4k 镜面，磨砂屏幕）
	漏检率	0
	误杀率	0.9%
	测试一次直通率	97%
	单站测试时间	11 seconds
	检出精度	0.05mm ~ 0.1mm
	算法	神经网络深度学习算法 + 传统比对算法
其他	设备尺寸	700mm * 700mm * 1140 (L*W*H)
其他	平均故障间隔时间	< 720 Hrs.
其他	平均恢复时间	< 30 Mins.
其他	线体运行方式	步进式皮带线

解决方案实施收益：

- 成本：一条线单班节省两个作业员。
- 质量：年比年检出率提高 30%~35%。
- 效率：测试时间从 30 秒降低为 20 秒。

4.6.4 数字化工艺解决方案

：互联互通，虚实结合，闭环质量 ：数字孪生

方案实施背景：

在传统业务流程中，研发设计与制造工艺数据是分开独立管理运行的，这造成了信息的不对称、滞后甚至错误，给制造端带来停线、重工、召回或给研发端带来修模、上市日期推迟等不必要的损失。因此，打破从研发到制造“数据孤岛”现状，并实现数字化工艺管理。数字孪生（Digital Twin）正是帮助企业克服这些挑战的有力工具。通过建立物理产品的数字映射，并基于产品使用过程中产生的数据形成闭环反馈和优化，“数字孪生”能全面提升产品的全生命周期管理，打通研发、供应链、制造等不同职能部门和数据孤岛，乃至企业的生态系统，时时刻刻感知客户的需求，驱动高效、互联、以客户为中心的运营模式，提升产品体验，降本增效，

推动增长。为此联想打造了数字化工艺解决方案，通过数字化的手段构建数字世界中实体的映射体，实现对物理实体的分析和优化。其应用场景主要包括：

场景一：研发人员可以实时查看产品在工厂产线的工艺工序等制造信息；

场景二：工厂工艺或制造工程师可以实时查看产品的研发图档、设计要求等研发信息；

场景三：工厂产线可以根据订单配置不同，实时生成对应的最佳工艺序列，并通过可视化的方式呈现给产线员工。

场景四：产品设计或 BOM 发生变更，工厂可以实时接收到变更信息，并自动更新产线的可视化工艺。

方案系统功能特性包括：

工艺基础数据管理：实现业务数据数字化和结构化；清晰识别业务数据类型；检索方便，实现数据共享重用。

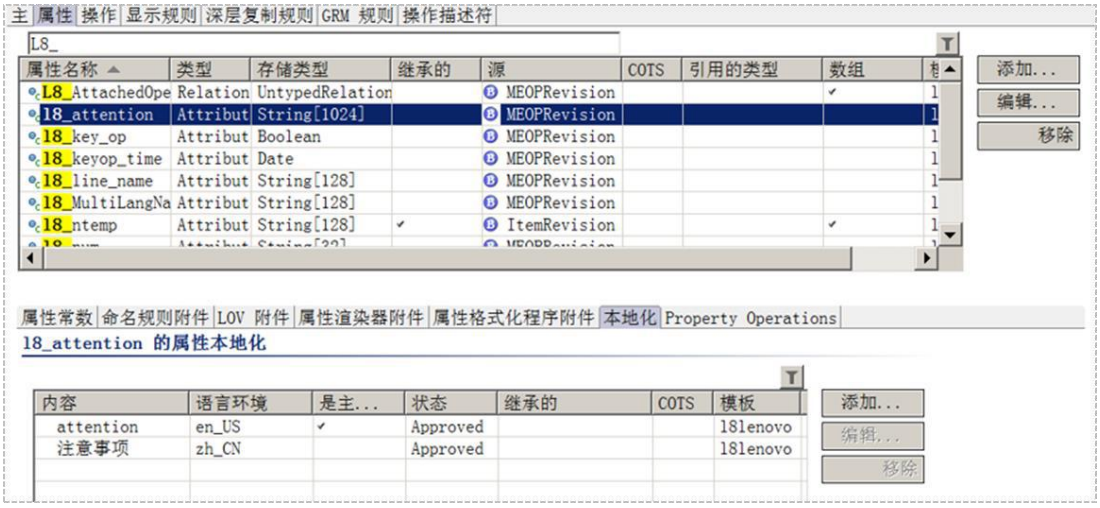


图 4-6-13 工艺基础数据管理

工艺资源管理：实现业务数据分类管理；实现数据标准化管理；便于数据查询和重用。

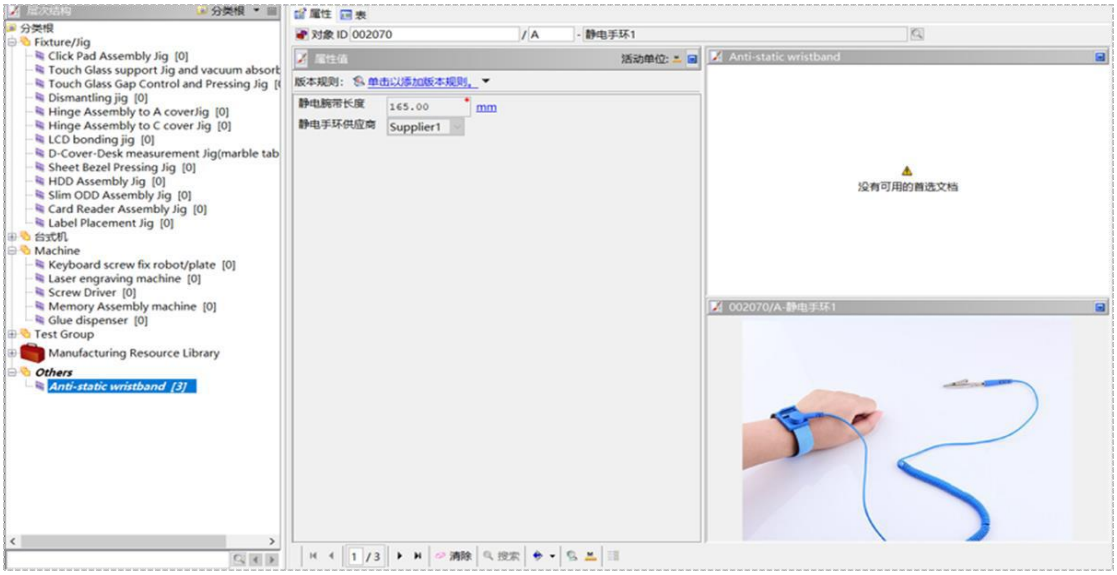


图 4-6-13 工艺数据、资源管理

Windchill 集成：BOP 平台与 Windchill 系统数据传输；根据需要导入 BOM 数据；BOM 导入进程监控。

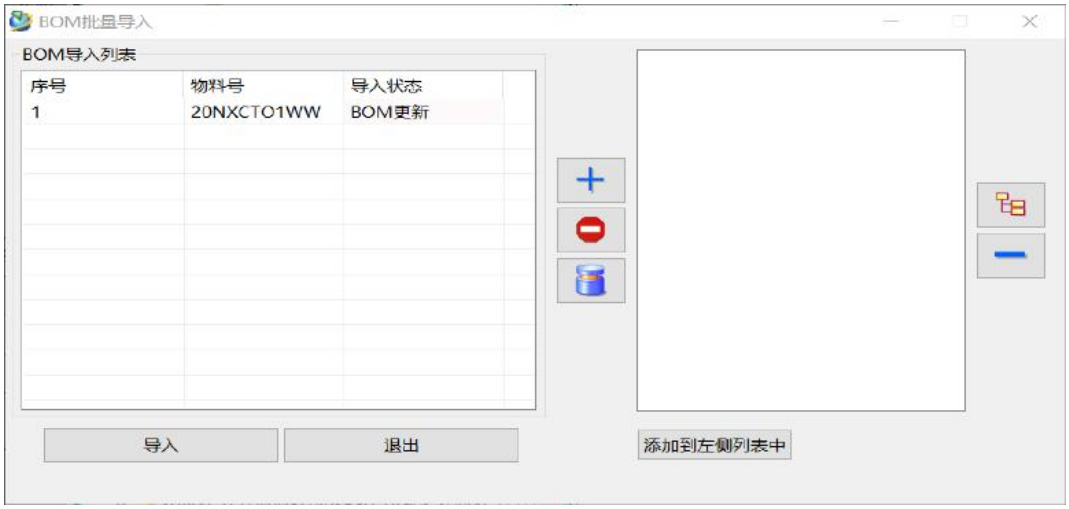


图 4-6-14 Windchill 集成

DFx 数据管理及统计分析：数据统一集中管理；图形化管理；历史数据可追溯。

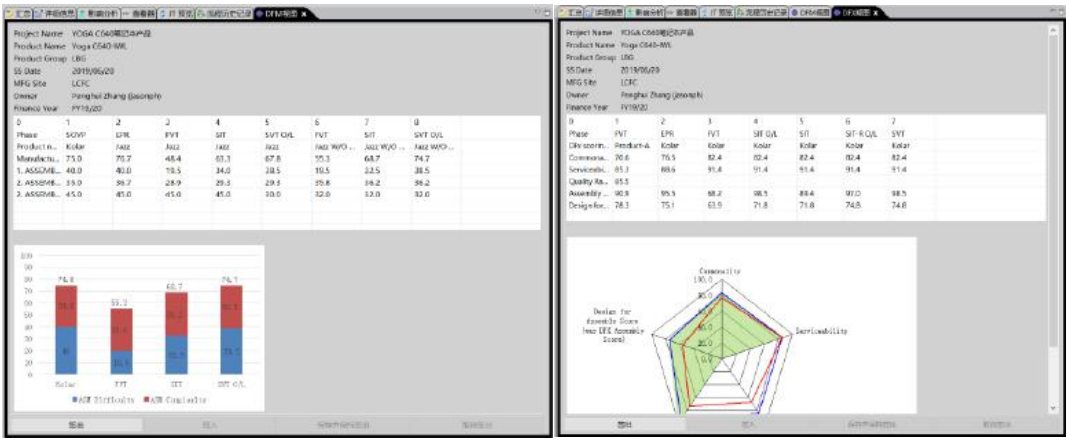


图 4-6-15 DFx 数据管理及统计分析

BOP：支持多个工厂多条产线的业务需求；重点站别资源添加；固定工位；根据节拍和工位自动线体平衡。

产线	工位	作业时间	UPH	线平衡率	产线节拍
HY_A-(13工位)	1	3.00	163.64	79.69%	22.00
HY_A-(13工位)	2	2.92			
HY_A-(13工位)	3	21.00			
HY_A-(13工位)	4	20.00			
HY_A-(13工位)	5	22.00			
HY_A-(13工位)	6	19.00			
HY_A-(13工位)	7	20.00			
HY_A-(13工位)	8	20.00			
HY_A-(13工位)	9	20.00			
HY_A-(13工位)	10	19.00			
HY_B-(15工位)	1	20.00			
HY_B-(15工位)	2	22.00			
HY_B-(15工位)	3	19.00			

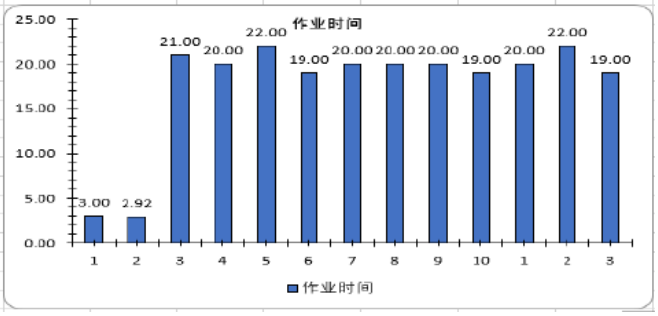


图 4-6-16 BOP

eSOP 自动生成：根据订单生成 eSOP；批量化处理；监控生成进度。

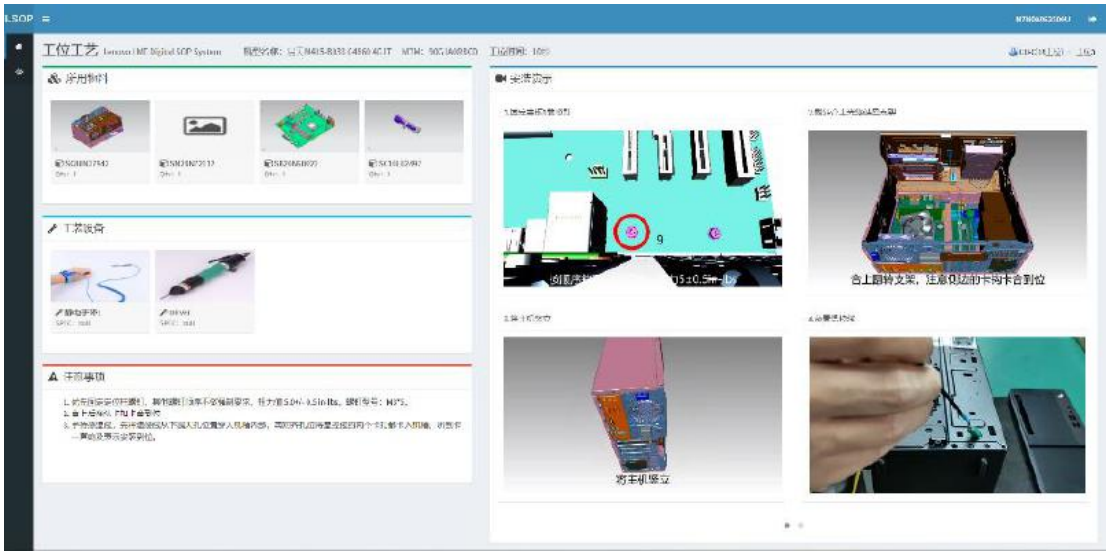


图 4-6-17 SOP 自动生成

仿真工具集成：集成 NX，PS，VSA，PS，TC；打通 BOP 平台和各工具之间之间数据传输。

业务协同	1、工艺与研发保证数据同源（BOM、3D模型等），实现设计与工艺，工艺与工厂协同工作
	2、打通设计、制造环节信息流，实现主要业务系统之间的对接（PDM、MES）
标准化业务流程及规范	3、建立统一管理制造资源库，包括完整的设备、机器、工装、工具、工艺参数、工厂布局等
	4、建立全球化两级工艺管理体系，即产品BOP和工厂BOP，实现精细化工艺管理
	5、建立全三维的闭环验证管理体系，进行DFX可制造性分析，建立数字化双胞胎模型
精益生产	6、实现工艺平衡并基于订单的交互式3D SOP
	7、与仿真工具结合，基于工厂三维建模，进行工厂物流、生产能力分析和验证，实现精益化生产

解决方案收益：

该方案打破了从研发到制造“数据孤岛”现状；实现了工艺管理数据结构化，由线下管理到线上管理；实现研发与制造各部门之间协同工作，大大提高工作效率；实现基于订单信息一键生成产品 SOP 并推送到工厂相应工位，实现工艺数据共享；提高工艺数据的准确性，降低工艺管理成本。

4.6.5 产品工程化仿真解决方案

：互联互通，虚实结合 ：数字孪生

解决方案实施背景：

为应对市场快速变化和智能制造时代的来临的挑战，联想在持续进行业务战略转型，从传统的 PC 硬件厂商逐步转变为在智能设备、数据中心、物联网和人工智能领域的创新者。为实

现业务战略转型和智能制造战略，需要构建从产品设计到生产规划到生产工程到生产执行到服务支持的全价值链数字化体系。

产品工程化仿真是指物理产品在虚拟空间中的数字模型，包含了从产品构思到产品退市全生命周期的产品信息。这个“双胞胎”不仅与他真实空间中的孪生兄弟形似（包含产品规格，几何模型，材料性能，仿真数据等信息），能模拟产品实际运行，而且还能通过产品在安装过程中反馈回来的数据，反映产品运行状况，乃至改变产品状态，使其“表现”得与真实产品一模一样。在联想产品工程化仿真解决方案中的主要应用场景包括：

场景一：在产品工程验证阶段，制造工程人员可以通过设计图纸仿真提前发现设计问题并指导研发优化设计。

场景二：在产品工程验证阶段，制造工艺人员可以通过设计图纸仿真产品的制造能力和效率，提前规划产能及设备布置。

场景三： 在产品生命周期内，制造工程人员通过仿真工具分析问题并找到解决方案。

解决方案系统功能特性：

静态干涉分析：检查部件的静态干涉并给出分析结果（干涉类型、干涉量、位置等）。在产品设计阶段通过 3D 模型发现干涉问题并提示研发对图纸进行修正，避免产品量产后由于干涉问题造成的损失。

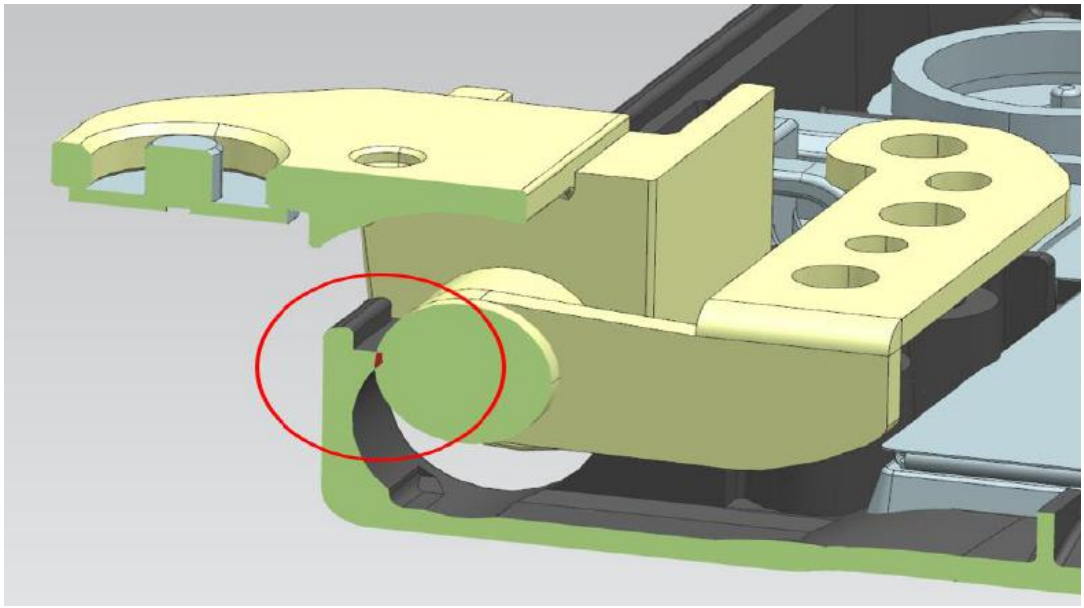


图 4-6-18 静态干涉分析

机构仿真(CAE)：对产品的 3D 模型进行高级非线性静力学仿真，为产品机构类材料失效分析提供数据支撑，在设计阶段发现潜在风险，从而优化设计结构，避免问题在量产后出现。

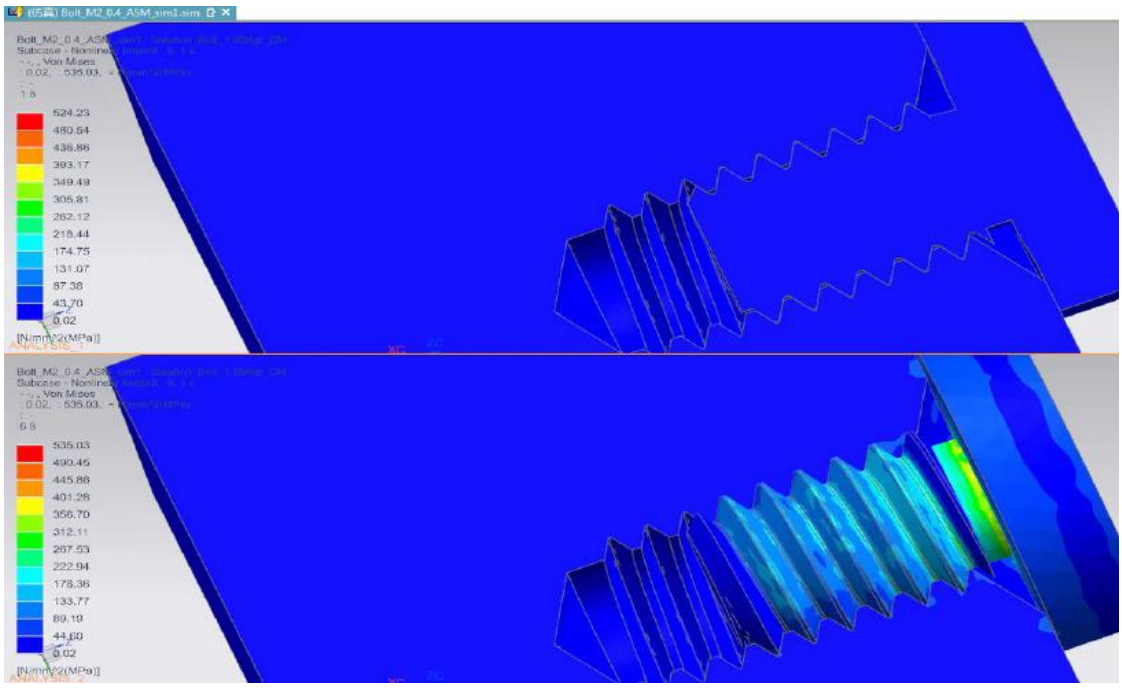


图 4-6-19 机构仿真(CAE)

公差仿真分析：通过指定分布的随机取值，验证部件间的公差设计是否合理。对关键配合部件的公差在设计阶段进行仿真，提前发现失效风险并修正设计；对已失效配合公差进行分析，给出关键因子，进而指导设计优化。

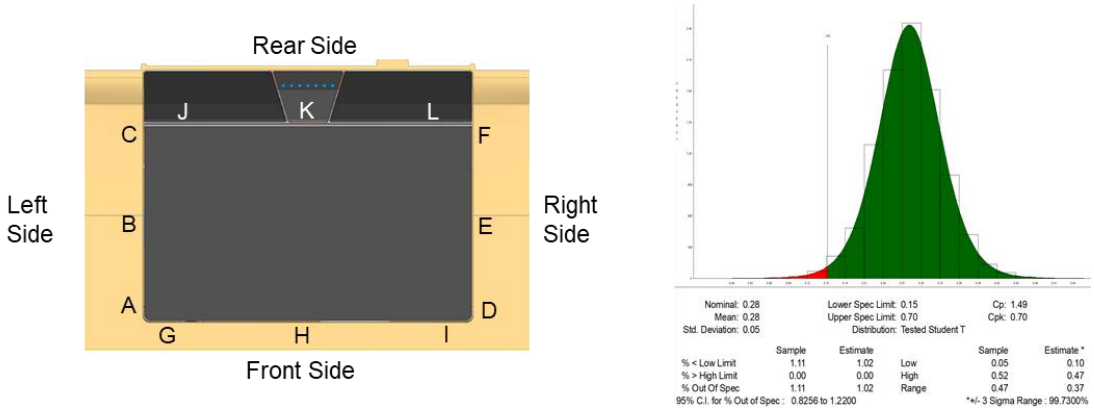


图 4-6-20 公差仿真分析

解决方案实施收益：

通过数字孪生之仿真工具的使用，对研发设计进行仿真，提前发现问题和风险并解决。实现了研发量产周期的缩短、生产效率的提升、产品质量的提高。

上市时间	制造效率	制造成本	质量
缩短10-20%	提升10-20%	降低10-20%	提升15-20%
研制验证缩短1个轮次 缩短20% NPI周期 设计工艺并行	BOP为生产提供准确信息源 1键快速输出SOP--缩短30-50%周期 提早NPI虚拟验证 提早产能分析验证	减少1个轮次实物验证 缩短每一验证轮次周期	减少设计与工艺更改（30%） 提高一次通过率

4.6.6 制造过程仿真解决方案

：虚实结合，柔性制造，闭环质量 ：数字孪生

方案实施背景：

联想产品形态繁多，各种类的产品随着功能的扩展，带来制造过程的复杂。同时，联想还面临高成本压力下的高质量需求，新材料的使用、不断更新的零部件、人力成本的攀升产生成本压力，同时客户对产品质量的要求逐步提高。

产品更新换代的加速造成新产品的生命周期不断缩短，需要在较短的产品生命周期内保障足够的产能。这其中还包括定制机型与个性化需求要求产线具备柔性制造的能力。

为了应对以上挑战，联想探索除了制造过程仿真解决方案可以应用于以下场景：

场景一，在工厂/仓库/产线还处于设计阶段，没有实体设备时，通过建立数字化的仿真模型，可验证设计方案中流程、产线和设备结构的合理性，发现潜在问题，并针对性地提出改进建议。

场景二，对于已建成准备投产的工厂/仓库/产线，可建立对应的仿真模型，模拟运行产品生产流程，验证产能，发现瓶颈，优化流程。

场景三，在现有的产线上进行生产订单切换、新产品投产等生产变动之前，可以通过仿真验证是否会对产能及交付时效性产生影响。

功能特性：结合仿真软件资源库以及自带脚本语言，可以模拟实现各种复杂的生产系统和控制策略，不需要实体产线的投入即可对系统和策略进行评估。面向对象的工厂层次模型，包括业务、物流及生产工艺。制造和物流仿真可进行价值流、仓库物流、产线生产、人机作业等各层次的建模分析。

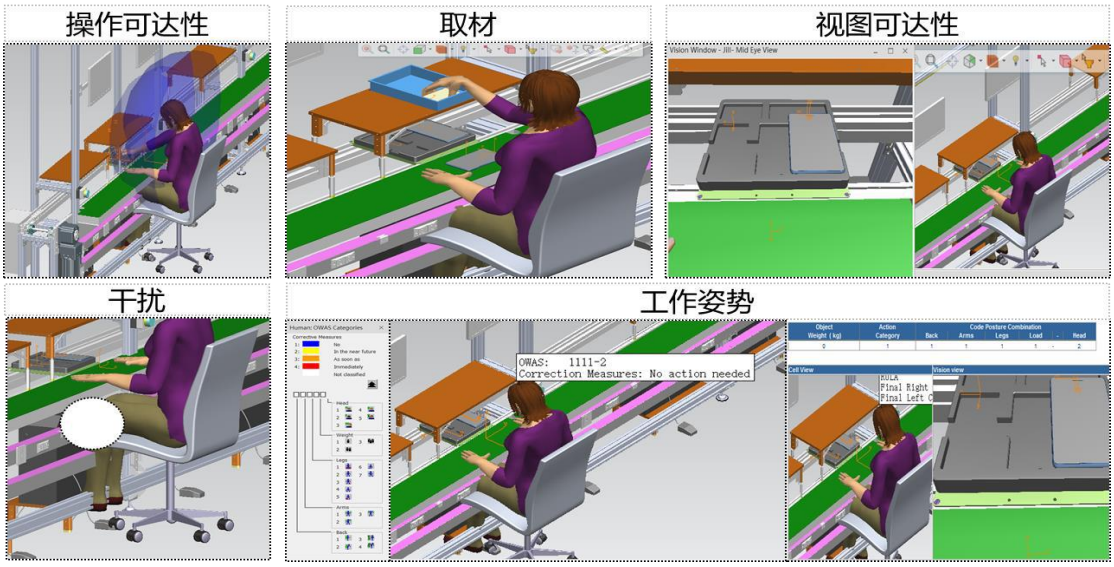


图 4-6-21 人机仿真

针对制造资源的专用软件资源库，用于迅速、有效地仿真典型情况。针对制造业不同领域，都又对应的自有资源库，为创建模型提高效率。

图 4-6-22 制造专用软件资源库

丰富的图形与图标等可视化分析工具。自带图、表、报告、Sankey 图等可视化分析工具。

3D 可视化和动画。所有模型和模块都可以创建 3D 视图和动画，还可根据需要自定义 3D 图形和动画路径。

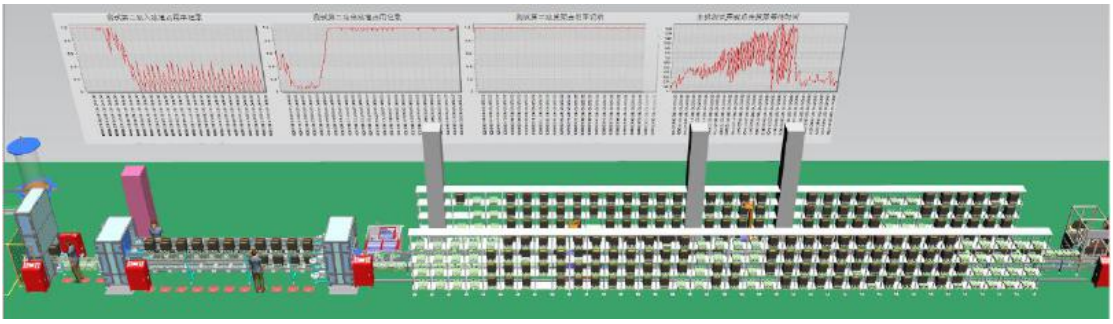


图 4-6-23 3D 可视化模拟展示

解决方式实施收益：

在新产线建造、现有产线/仓库改造之前，都通过仿真识别出潜在问题，并针对性提出改进建议，避免在实体项目完工后发生本不必要的改动。

4.6.7 智能生产归因分析解决方案

：互联互通，闭环质量，智能决策 ：人工智能

方案实施背景：

在联想生产测试过程中，自动化生产线的产品测试指标（比如误判率 NTF（Not Trouble Found））的准确程度是影响单位产能 UPH（Units Per Hour）的重要因素之一。而影响产品测试指标准确度的因素经常多达几十种，其原因分析严重依赖人工的经验，结果具有较大不一致性；同时，自动测试机台产生的数据量大，人工分析周期较长（日均耗时 10 小时以上），无法实现及时准确报告误判率原因并及时干预和纠正。联想密切联系上述实际问题，成功研发落地了智能生产归因分析的解决方案。

该解决方案运行于联想大脑平台，基于智能数据特征技术并融合了 Human-In-The-Loop 思想的完整闭环解决方案，实现了 AI 算法能力与制造团队运营经验有机融合，并高效集成到联想生产管理软件平台。本方案的技术特色如下：1）基于生产测试知识（设备、方法、流程、型号等）对关键测试场景进行建模。2）基于智能数据处理和联想大脑基础 AI 算法集支持，算法整合程度较高。3）自有知识产权的增强型信息熵的归因分析模型，支持高速数据特征聚合和关系分类。4）拥有较高的数据处理能力和吞吐量（达到秒级的百万条数据会话能力），支持实时 NTF 归因分析，能够及时纠正导致 NTF 的真正原因，从而改进后续波次的测试质量。5）将归因模型作为联想大脑的微服务，提供标准的软件调用接口，能够便捷灵活地接入对应的自动化质量管理监测系统，提供经济高效的系统集成能力。

图 4-6-24 智能生产归因分析系统

方案实施收益：

本方案目前应用于联想武汉移动设备工厂的手机生产测试中，针对误检率（NTF）进行即时分析应用：

- 实时监控生产质量的 NTF 指标，计算得出真正影响 NTF（比如设备失校准）的原因。
- 针对百万级数据量，端到端算法服务时间减少到 4 秒内，准确率比人工手段提高 20%。
- 算法与生产系统快速集成，实现数据归集、分析和在线报告问题的自动闭环，预期 NFT 降低 50%。

4.7：应用场景一仓储物流管理

随着物流可视化、协同化、全球化和稳健性的要求越来越高。作为生产服务型行业的重要组成，物流将在提升制造业核心竞争力方面发挥更加重要的作用。联想积极推进智能物流，通过智能设备实现货到人拣选、收发货的秒收系统、黑灯无人仓、通过智能管理平台对大数据分析提供智能决策，通过可视化大屏将业务运营数据实现数字化，同时通过设备的感应实施反馈硬件的运营状况，从而实现前后端的数据协同和可视。

同时，随着产品品种越来越多，库存量也在逐步扩大。客户下订单的同时想尽早获得产品，通常做法是通过增加原料或产品库存来满足客户的需要。联想工厂每种产品的最小生产批量是 100-200 台，而客户的订单却越来越小，有时候甚至是 1、2 台，这样的订单每做一次就会增加剩余库存，带来仓储的压力。为此，开发了基于物联网自动化设备为硬件基础以及仓储物流管理系统为工具的多个智能仓储和物流解决方案。通过打造联想仓储及物流云平台，将仓储上下游信息实现实时同步，利用人工智能与机器学习提升各种应用场景中人工决策的能力，结合数字孪生技术对设备实时所采集的数据实现虚实同步，通过业务变更的数字化模拟仿真，提供更科学的智能决策推进业务变革，辅以 MR 技术实现更多线上远程监控与管理或给客户提供全物流过程的多感官与多模式体验。

图 4-7-1 联想仓储物流体系全景图

联想根据自身业务特点，自主研发的物流全业务管理系统，包括订单管理系统 OMS（Order Management System）、运输管理系统 TMS(Transportation Management System）、仓储管理系统 WMS（Warehouse Management System）、费用管理系统 BMS (Business Management System)、物流控制塔（Control Tower）五大系统，功能简要说明

如下：

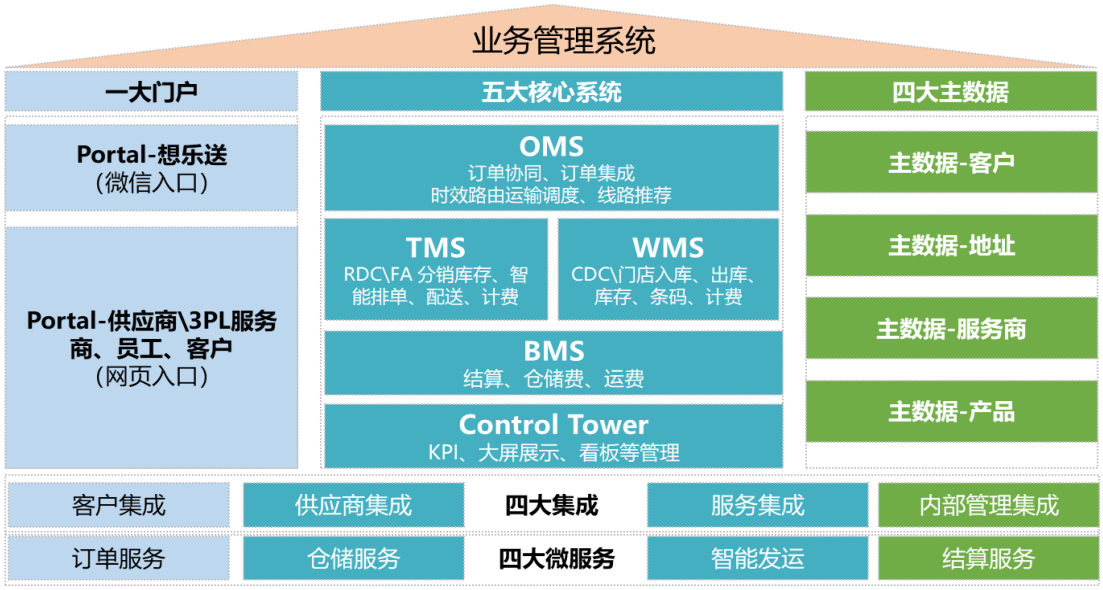


图 4-7-2 联想自主研发的物流全业务管理系统

订单管理系统(OMS)的核心功能包括订单接入、订单解析及订单处理分发，是连接物流系统及上游系统 ERP(Enterprise Resource Planning)等的界面、也担任将上游订单处理后分发给下游运输管理系统（TMS）和仓储管理系统（WMS）的角色。基于联想主营业务及新兴业务等的需求， OMS 已实现与 SAP、金力、金蝶、用友等国内外头部 ERP 厂商系统的标准化接口对接。适应新零售、OMO 等新业务场景，OMS 系统内置了共享库存、订单最优寻源等算法，为联想拓展零售新模式提供基础设施。

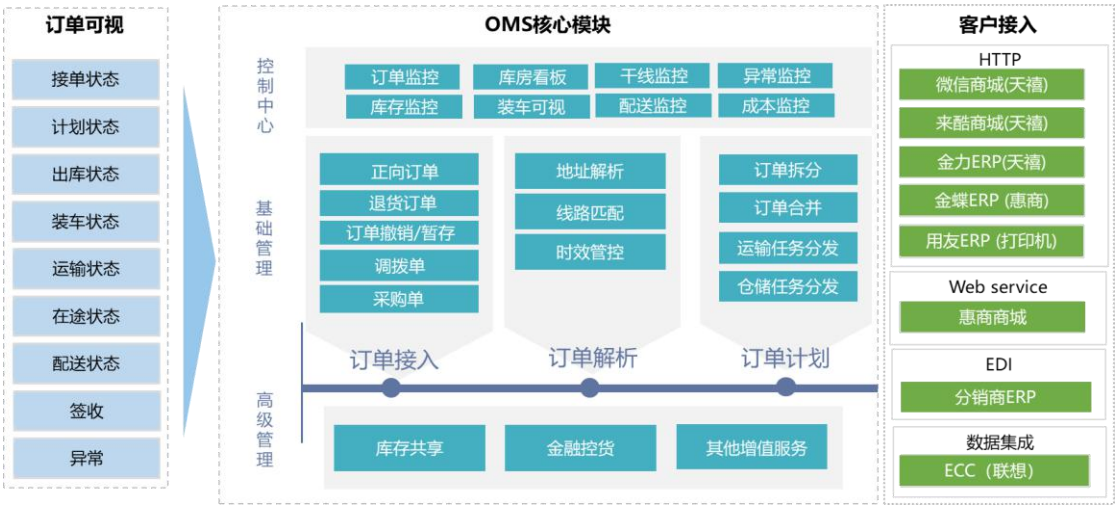


图 4-7-3　OMS 功能介绍

运输管理系统（TMS）实现了适应联想多层运输网络设计下的运输计划管理、运输节点跟踪和运输异常处理等功能。运输计划管理中，实现了适应不同业务的运输方式智能适配及适应联想规则和资源池的智能排单；通过与 3PL 的集成、微信公众号（小程序）、及 GPS Sensor

等智能设备的应用，实现了运输节点的及时跟踪、突破了零担物流商物流状态不可视的痛点。

图 4-7-4　WMS 功能介绍

仓储管理系统（WMS）实现了匹配联想 BTS/BTO/CTO 等不同库存管理方式的仓储管理，并匹配不同出入库流程，实现了不同 CDC（Country Distribution Centers）流程的定制化配置。同时，实现了与 PDA（Personal Digital Assistant）、智能设备等的接口对接，为实现智能化运作打下基础。

图 4-7-5　TMS 功能介绍

费用管理系统（BMS）实现了物流对业务应收应付的管理，实现了结算/核销流程的系统固化和系统管控。其中包括不同费率结构的费用计算，订单、产品组、业务等多维度的费用分摊，使实现联想物流业务的财务高准确性、和进一步的业务优化成为可能。

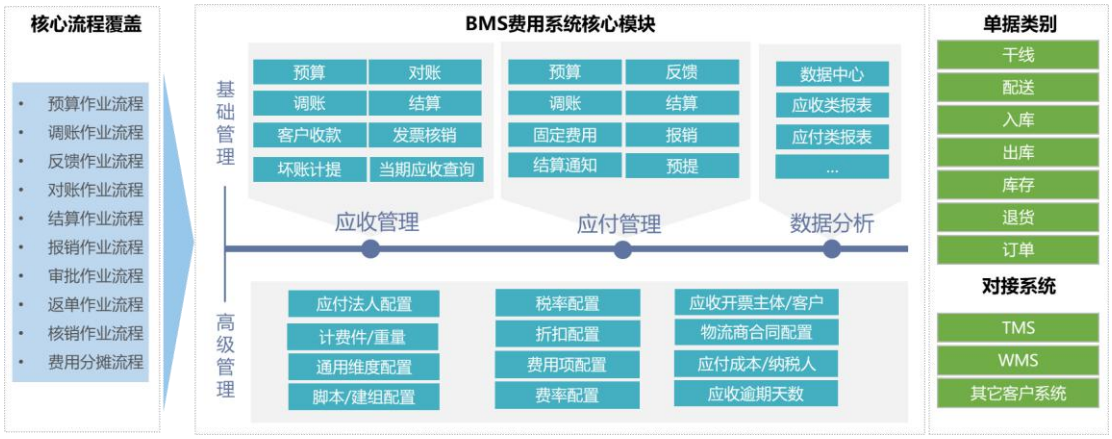


图 4-7-6　BMS 功能介绍

物流控制塔系统（Control Tower）旨在为物流端到端业务建立统一的管理平台，实现物流业务的管理可视化，包括 KPI 看板、异常订单看板、客户看板、运作预警等。

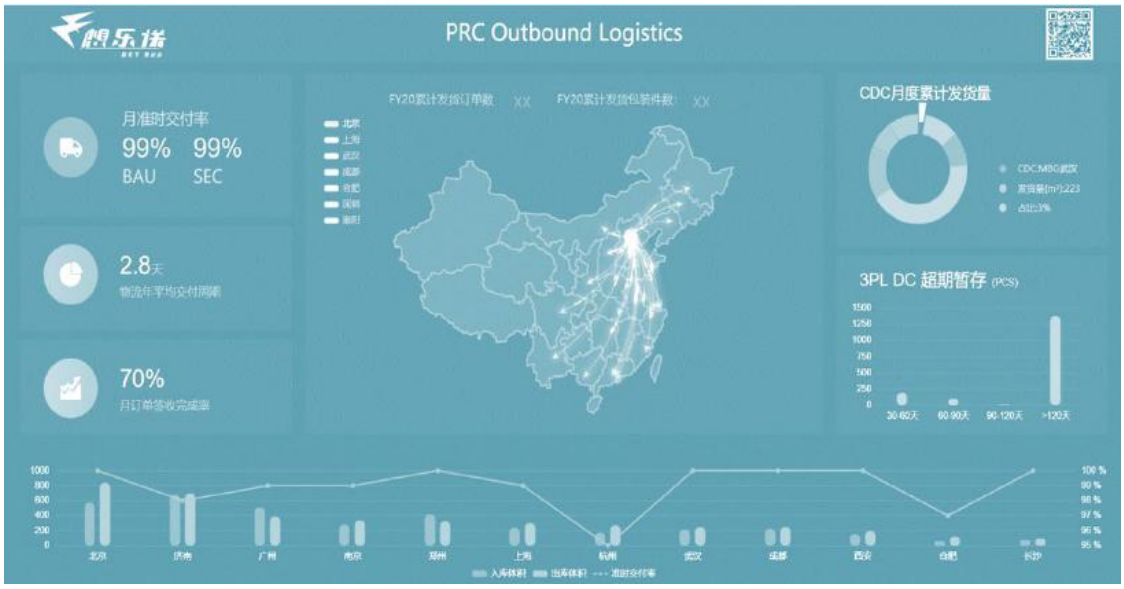


图 4-7-7　Control Tower 功能介绍

通过上述自主开发的五大系统来满足联想全业务全场景的物流管理需求，并探索实践了智能仓储和智能包装解决方案，以及基于 IoT 的智能运作监控和可视化解决方案、智能物流网络规划选址解决方案和智能城配路径规划解决方案等，从而不断支持业务的智能化转型发展以及对外赋能。

4.7.1 智能仓储解决方案

：柔性制造，虚实结合 ：边缘计算，人工智能

解决方案实施背景：

联想推动智能仓储迭代升级，助力联想供应链数字化成功转型，根据联想业务特点的需要，适度对物流硬件装备进行升级或导入，包括由高架立体仓库、高速分拣系统、输送带系统等组

成的智能仓储基本骨架;由无人叉车、AGV(Automated Guided Vehicle)、自动拆码垛机器人、穿梭车、拣选机器人、货到机器人、RFID(Radio Frequency Identification) 自动采集、3D 视觉识别、自动测量称重打包机等组成的各种自动化设备及系统；以及由智能摄像头、人脸识别、车牌识别组成的智能识别系统等。

联想仓储内部不仅物品复杂、形态各异、性能各异，而且作业流程复杂，既有存储，又有移动，既有分拣，也有组合。因此，联想在建立智能仓储实践应用方面采用的智能技术包括自动控制技术、智能机器人堆码垛技术、智能信息管理技术、移动计算技术、数据挖掘技术等，从而提高整体物流效率，降低差差错率和整体物流成本。从场景应用方面包括自动收货、仓储存储、入库分拣场景等。

解决方案实施：

自动收货系统：引入业界的 RFID 和计算机视频识别设备，通过边缘计算等算法，实现货物在仓库的收发货，以及库内周转，盘点等环节的智能化。通过这种非接触性的，批量的信息识别技术，大大提高仓库操作环节的效率，同时减少人工操作的环节和时间，实现仓库环节的秒收秒发。

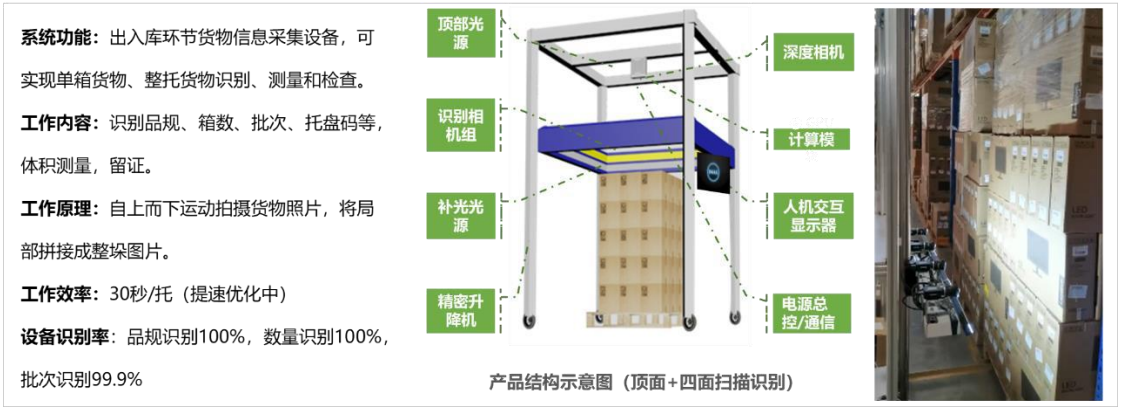


图 4-7-8 自动收货系统系统

仓储存储：自动化立体库主要以货物高度为 1.8 米托盘存储为主，结合 2.2 米托盘存储为辅的货架高度组合，通过依据备货模式及 CTO（Config To Order）订单模式设立单深和双深的堆垛机，既能满足最大存储需求也能满足堆垛机出库效率的需求。对于零散的货物通过多穿立库的方式来满足解决，货物通过 AGV 搬运到入库扫描系统完成商品信息扫描，通过 AGV 搬运到传输线，通过传输线按 WMS 给出的入库指令到达指定的堆垛机进行上架。

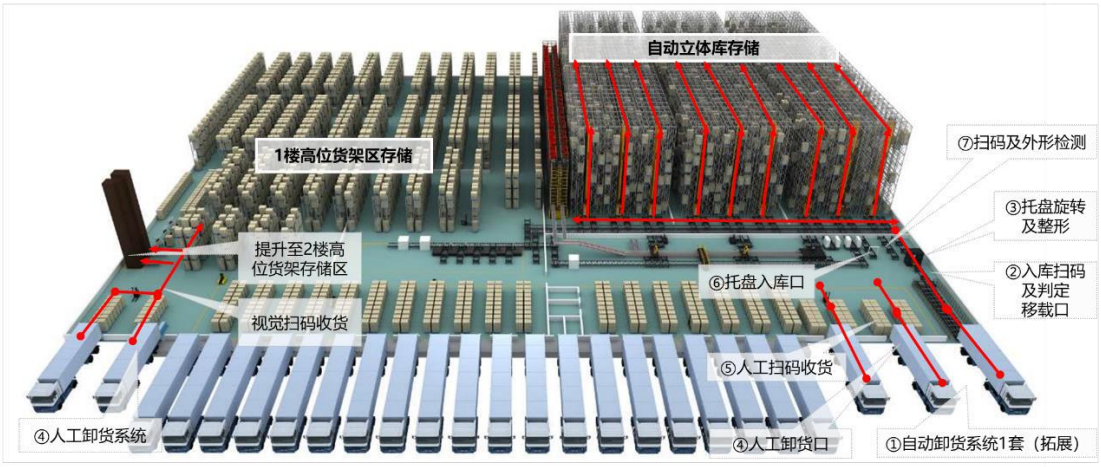


图 4-7-9 仓库入库全景示意图

入库分拣场景：结合实际业务的需求设立自动化设备投入做到自动化利用率最高，同时结合货量的情况及设备情况会配合人工扫码分拣，做到最佳的投入产出比。

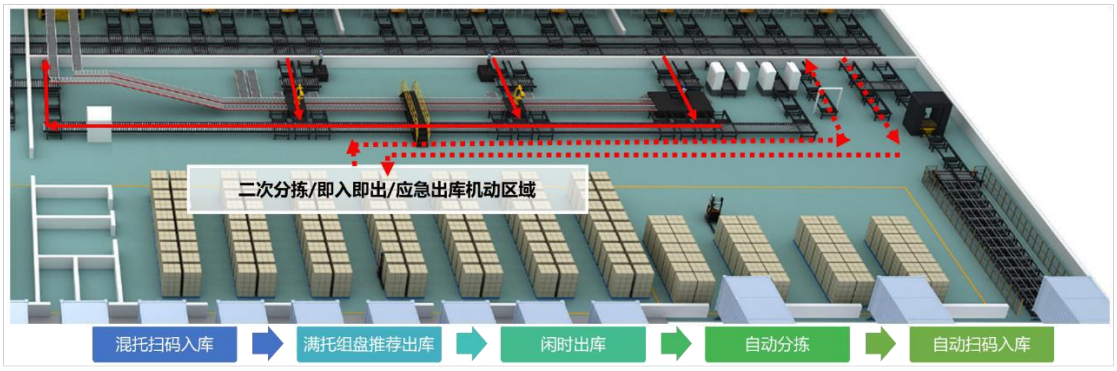


图 4-7-10 入库分拣场景

出库策略：1）单 SKU(Stock Keeping Unit)散盘满 1 托可优先出库二次分拣；2）混板货物 MO 存放时间较长的优先出库二次分拣；3）若混码规则不同 SKU 分列放置，不存在上下积压，可不进行混板拆垛。

对于月结期间或特殊到货即到即走，依据系统设置的逻辑和规则设置场景，最大化的实现货物最小的移动实现出货最高的效率。

尾盘合盘：根据立库每天出库存在散拖盘的实际情况，智能仓促系统会依据在库散货的情况 PN(Part No.) MO (Manufacture Order) 等信息会自动计算合盘指令，下发给 WCS (Warehouse Control System) 驱动自动化设备进行下架取货到制定操作台做合盘工作，然后再入库，提升立库的利用率。

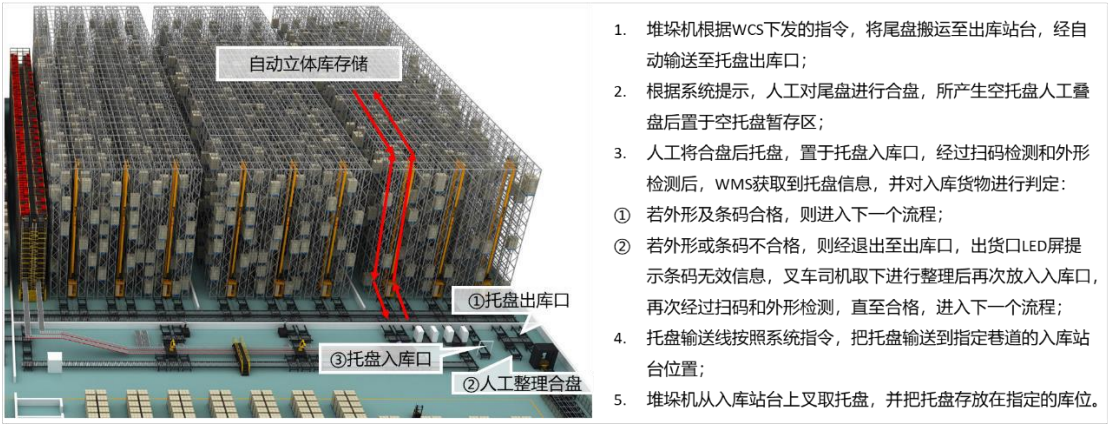


图 4-7-11 尾盘合盘

成品出货：在出库环节考虑整托、散拖、散箱出货的场景，设立不同的自动化出库的设计，同时考虑操作的弹性保留人工拣选出货的需求，确保运作的柔性。在实际运作中基于联想订单及运单合单的需求，在物流动线中考虑各种歌单的需求，满足未来业务的潜在需求。

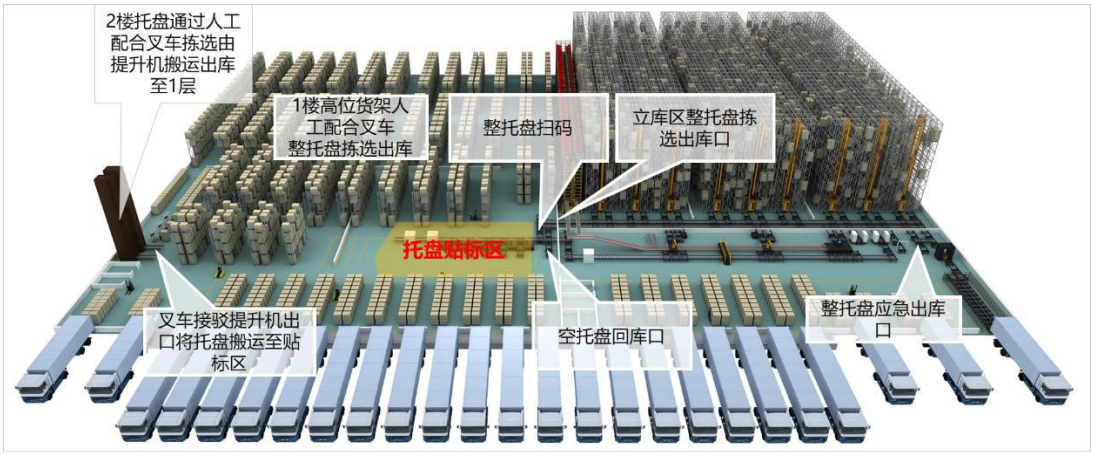


图 4-7-12 整托、散拖出货

自动化立库设计及运作充分考虑节能绿色物流的理念，自动化立库黑灯堆垛机按模块化管管理分 3 个模块进行控制；10 个订单作为一个小波次分拣，满足全年 95%天数需求，通过合并订单减少设备的动线行驶，达到节能的需求，同时实现无纸化交接，为绿色物流做出实践。

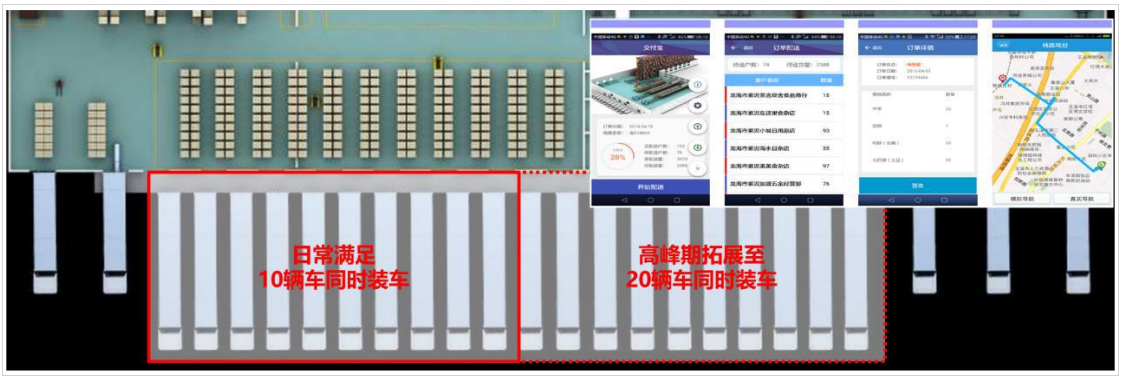


图 4-7-13 无纸化、移动端交接

解决方案实施收益：

仓储运营：仓储成本下降 47%，人员下降 50%， 仓库占地平面减少 70% ，空间利用率提升 3 倍。

运营效率/质量：出入库效率 3 倍，操作准确度 100%。

节能减排：碳排放年均节省 1 千吨纸张，年均节省 9 百吨。

4.7.2 智能包装解决方案

：虚实结合，柔性制造 ，智能决策 ：人工智能

解决方案实施背景：

联想在绿色物流、绿色包装方面，持续通过智能化升级，改进流程效益，践行节能减排，积极探索绿色供应链的建设与实施联想标准。从具体业务操作角度来讲，需要端到端装载优化，并涵盖从包装纸箱、托盘或栈板到货柜或集装箱的全领域场景。通过各维度的包装及装载优化，提升货物密度的权衡系数，在同等发运业务量下，使原平均密度权衡系数下降 10%，为此，联想探索实践了智能包装解决方案，可应用于以下三个场景中：

场景一，包装纸箱领域：根据发运订单商品品类、数量，计算最佳配载组合，选型最贴合的包装箱，指引运作员完成商品包装，监控实际包装平衡系数的目标水平。

场景二，托盘或栈板领域：通过自动 3D 测量与称重，获得发运订单每一个包装箱单体的数据，通过云平台的智能模拟演练，计算出最佳的包装箱码托组合，输出码托指南指引运作员完成商品包装，监测实际包装结果，确保包装平衡系数最小化。

场景三，集装箱或货柜领域：通过智能码托信息的监测与采集，云平台的智能模拟演练，计算出最佳托盘装载组合及选型最经济的集装箱型号，输出装柜指南指引运作员完成商品的配载发运，确保集装箱最大化装载率。

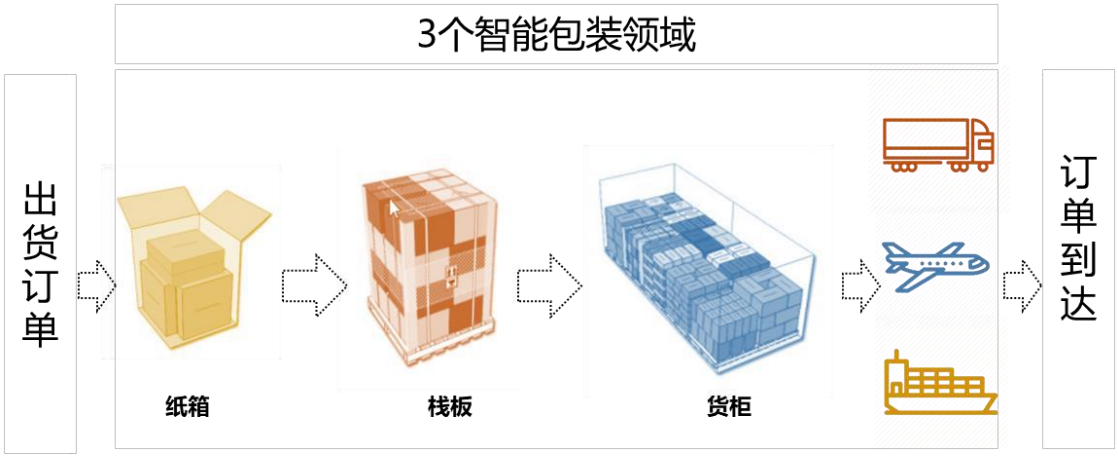


图 4-7-14 智能包装应用领域

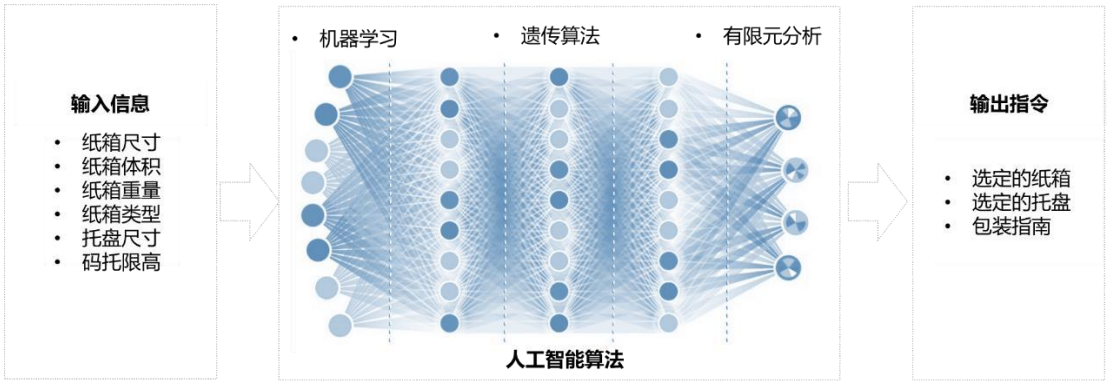


图 4-7-15 智能包装人工智能算法架构

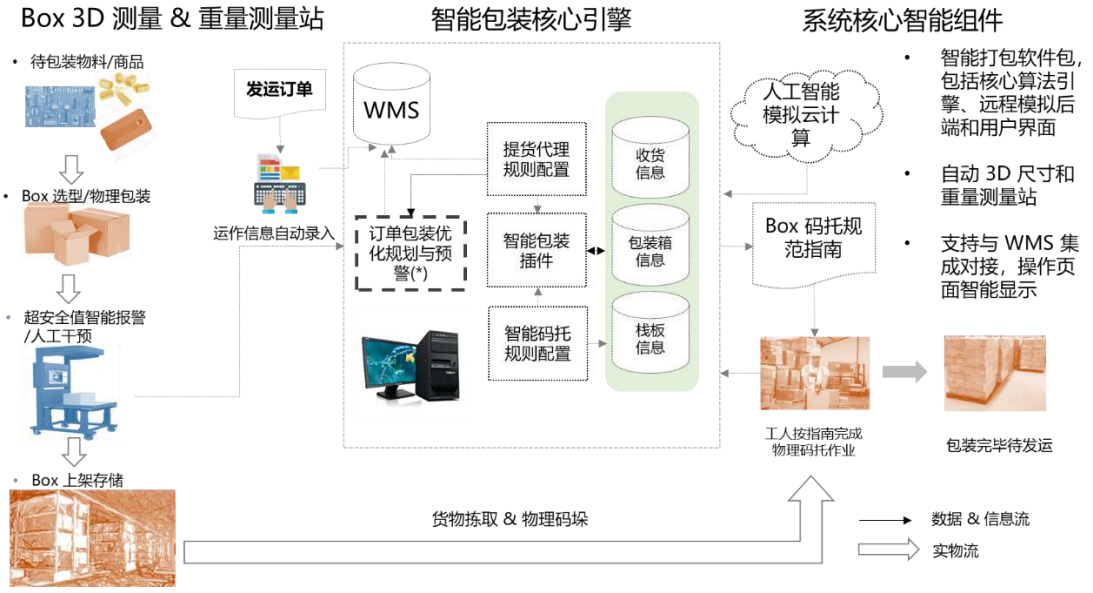


图 4-7-16 智能包装系统架构

功能特点：基于深度学习中的增强学习技术，创造性应用传统的运筹优化算法，实现了从整箱配给、散件配载装箱到箱型组合码托、托盘配载装柜的多层智能模型和算法；同时，集成基于运单需求履约、在库货品状态和出库包装最优组合，实现从拣选到装运的端到端智能包装模型和算法。将上述模型和算法封装为微服务方案，能够与第三方物流 WMS（Warehouse Management Systems）或智能设备灵活集成、整合。本方案的自有知识产权项包含：1）单箱散件的优化装箱模型和算法；2）多箱多排的优化码排算法和算法；3）全局优化的拣货模型和算法。

解决方案实施收益：

通过联想选型的业务点，对本方案的成功导入，通过实际的运行结果，将货物轻重平衡系数（Volume Penalty）从 36% 降低到 17% 。随着联想供应链数字化转型的持续推进，结合本身在智能化技术与应用上的沉淀与升级，必将推动包装平衡系数指标趋于完美，同时也将这类成功的技术应用扩充到更多的业务点，让技术与方案在联想全生态系中为绿色供应链的推进发

挥更积极作用。

4.7.3 智能 IOT 监控可视化解决方案

：互联互通，智能决策 ：虚拟仿真，物联网

解决方案实施背景：

在物联网等技术蓬勃发展的今天，如何在作业人员无感知的情况下，智能监控物流运作，以及时预警问题、提升运作质量，成为企业物流和物流企业共同需要面对的问题。

同时，联想以客户为中心、高客户体验的需求下，适应联想物流业务外包的场景，为了满足联想、客户和物流商三方不同的信息化、可视化需求，联想物流实施了一系列订单可视化和管理可视化的方案。

解决方案实施：

联想使用的 IoT 产品主要包括 GPS Sensor, 跌落检测仪，和 CCTV 等。通过采集运作中数据，实现运输路径的实时可视，并且通过系统自动实现运输节点的反馈，做到货物精准定位，为预计到货提供真实可靠的信息，同时针对运行中的不可控因素进行预警（包含运输过程延迟，车辆状况问题等），实现客户的高精度可视化的需求，并且为客户准备后续运作计划，提供坚实的信息依据。

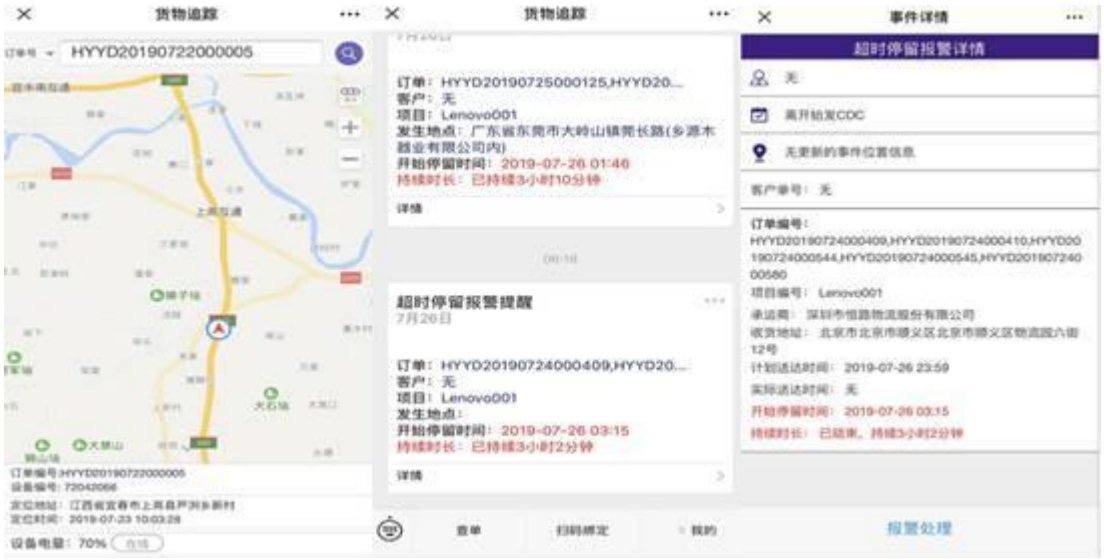


图 4-7-17 基于 IoT 产品的货物定位系统

同时，联想通过跌落检测仪，实时监控运输途中和装卸过程中的运输规范和质量，避免货物的灭损，监控运输环境的温湿度和气体成分，实现端到端物流服务质量的全程可视和全程可控。另外，通过 CCTV 的全国联网集中显示，可以控制各物流节点（仓库）运作的规范和质量，机器视觉等技术的应用，更解决了对仓库作业效率的监控问题。从而实现全业务数据采集：从

仓储到运输，面向全业务的 IoT 数据试点应用。

联想端：基于整合的数据层，通过物流控制塔系统（Control Tower）和 BI 应用，实现对 KPI 的监控，对运作异常的预警，对重点客户订单的全程跟踪，以及对客户履约异常的预警及跟踪解决。在PC端、移动端（微信）、数据大屏等不同入口，基于不同入口界面的管理场景，针对性实现不同功能，使得联想的业务管理人员可以随时、随地、随需的进行可视化管理。

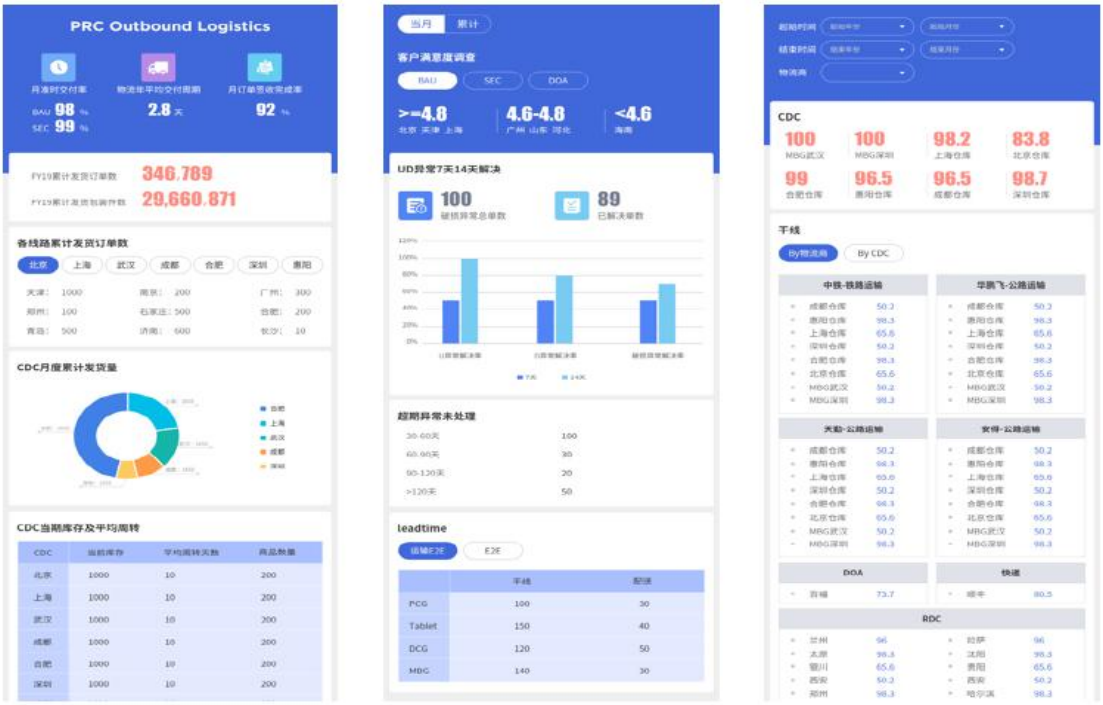


图 4-7-18 基于物流管理需求和客户履约监控的系统方案

客户端：满足订单可视和数据服务需求的系统方案，对于所有联想客户，提供基于移动端的便捷实时的供应链端到端订单状态查询、订阅、推送服务。对于关键大客户，提供定制化的物流数据推送和分析服务，平台包括 PC 端、移动端、及自动邮件等。

图 4-7-19 订单可视和数据服务

物流商端：基于物流商业务管理和人员管理需求的系统方案，为物流商提供便捷的预到货和任务查询功能，及作业进度看板等，方便物流商进行业务管理和分析。同时提供仓库人员效率分析等模块，方便物流商的管理可视。

解决方案实施收益：

- 智能算法基础数据提供：通过 IoT 产品的数据采集和数据沉淀，为智能算法监控提供数据基础。
- 面向未来的技术布局：考虑 5G 等技术趋势，布局 IoT 产品应用和系统接口，为未来技术应用打下基础。
- 标准化与定制化相结合：提供标准化与定制化结合的管理可视和订单可视方案，满足不同用户群体的需求。
- 多入口系统方案，随时随地的可视方案：提供 PC 端、移动端（微信）、数据大屏等界面，为联想、客户和物流商实现随时随地的订单可视和管理可视。

4.7.4 智能物流网络规划选址解决方案

：虚实结合，智能决策 ：虚拟仿真，人工智能

解决方案实施背景：

联想供应链的物流团队需要高效满足多维度的配货、补货、以及准时送达的需求；同时降低物流及仓储成本，并提高客户满意度。另一方面，物流服务需要面对不断变化的市场需求和运营环境，要求敏捷快速做出反应，包括对物流网络和仓储布局的及时规划。而传统的物流仓库选址的数据模型搭建，利用 EXCEL/ACCESS 等工具外，仍然需要投入大量人力和时间来完成上百万条的大规模数据计算和核对，经常导致物流网络规划的项目延期。为此联想探索出了一个典型的通过虚实结合方式来实现物流网络选址的智能决策解决方案。

解决方案实施：

本方案基于智能数据的仿真优化技术并融合了 Human-In-The-Loop 思想，并与供应链网络规划专家的运营实践有机集成，从而实现了一个完整闭环的范式。

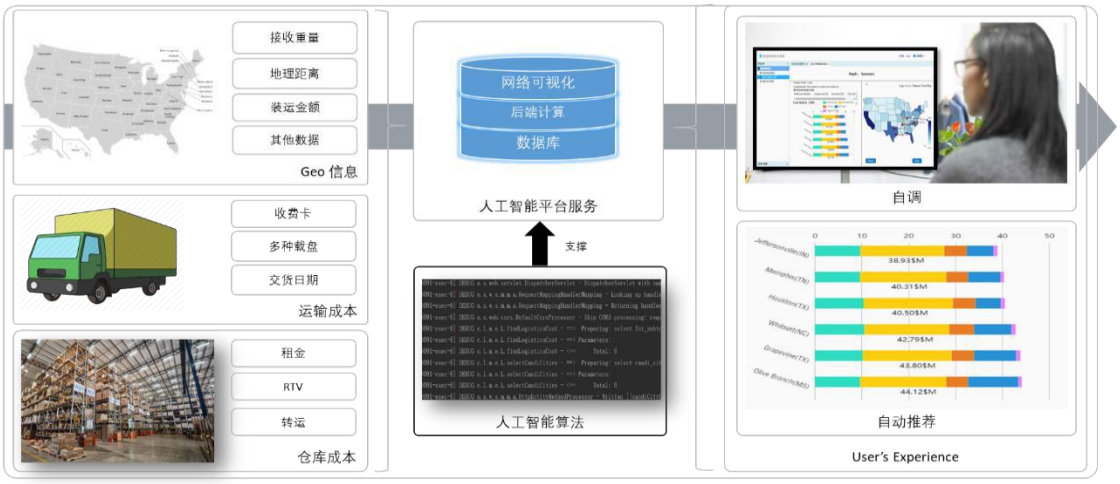


图 4-7-20 智能物流网络优化系统

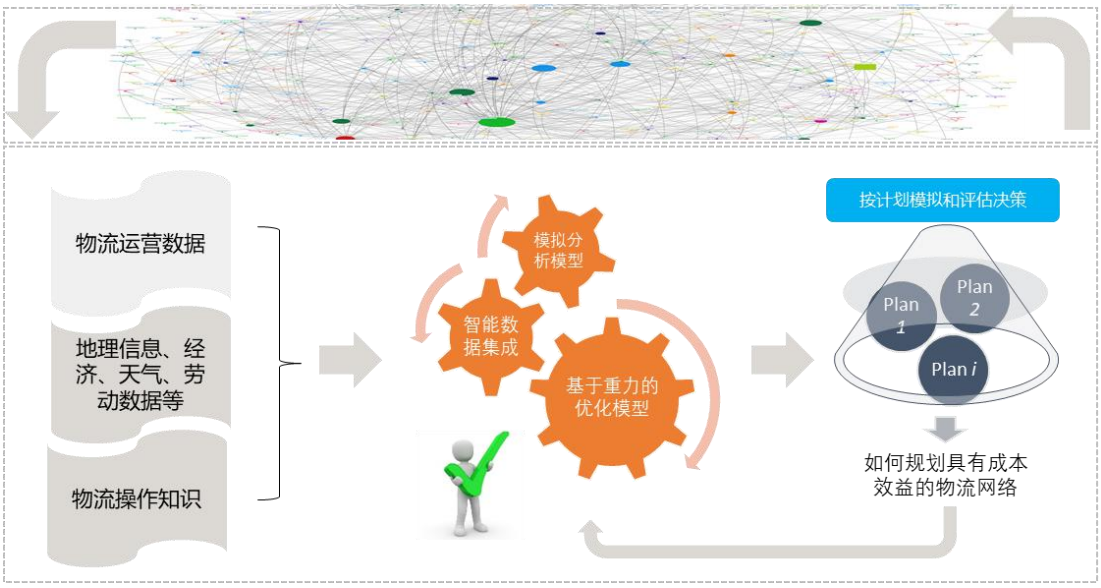


图 4-7-21 物流选址智能决策模型

技术特色：1）自有知识产权的图网络的引力优化模型，支持分层级的多向数据传导拟合；2）支持实时网络引力仿真分析，能够及时量化仿真网络表现。3）具有针对多维度数据的智能整合能力（供应链物流网络流量和流向，备选城市或地区的位置，库房运营成本，地区经济和人力状况，气候特点，交通情况，以及供应商物流网络的匹配程度等数据）。4）构建了高效实用的智能交互 RPA（Robotic Process Automation）工作流，方便供应链专家团队参与决策仿真过程，支持灵活多变的“虚拟”方案场景（What-If），结合模型推荐的分析结果，帮助团队确定最优的选址方案。5）依托联想大脑基础 AI 平台，易于获得智能数据处理技术和完整 AI 算法集的支持。6）提供标准的软件调用接口，能够便捷灵活地接入供应链的决策系统，在提供较好兼容性的基础上，实现系统虚实结合能力的扩展。

解决方案实施收益：

本方案在整体上利用知识图谱整合智能物流业务专家知识并支持物流数据增强型分析，从而适配更多物流网络优化选址场景；同时改善智能交互 RPA 工作流，结合集成的多维度数据，由机器自动生成并推荐更加优化的“虚拟”方案。

该方案已经支持服务供应链在单中心和多中心的优化选址方案，以及地区库房、前置仓库房和维修站（Depot）混合配置的多层级优化选址方案。例如，针对 2019 年北美中心地区库房的选址，该方案快速支持了物流业务专家的工作，应用智能交互 RPA 工作流，在数周内完成了多个构想的“虚拟”（what-if）方案评估，提供了较全面的量化决策，确保了超过数百万美元投资在库房建设上的预期效益。

4.7.5 智能城配路径规划解决方案

：虚实结合，智能决策 ：数据挖掘，虚拟仿真

解决方案实施背景：

根据对端到端物流成本的研究分析，末端物流（“最后一公里”配送）的成本在整体物流成本中的比例占比高达 30%以上。不仅如此，在客户体验方面，末端物流的服务不让客户满意，那么客户有 80%以上的可能性不考虑再次购买。基于这样的现状，对末端物流的优化对于降低物流成本、提升客户体验来说至关重要。

实施智能城配路径规划方案前，在城市配送的路由规划方面，中国区物流业务采用的是人工规划的方式。区域配送中心的调度员会根据当日订单的货量、地址、时效要求，以及当地限行情况、车辆资源情况，结合历史经验进行排单及路由规划。人工规划的方式主要问题包括：1）规则复杂，耗时耗力，方案不够科学优化；2）无法实时监控，且决策过程不透明；3）老旧的数据维护方式，无法迅速推广到更大规模的业务场景。

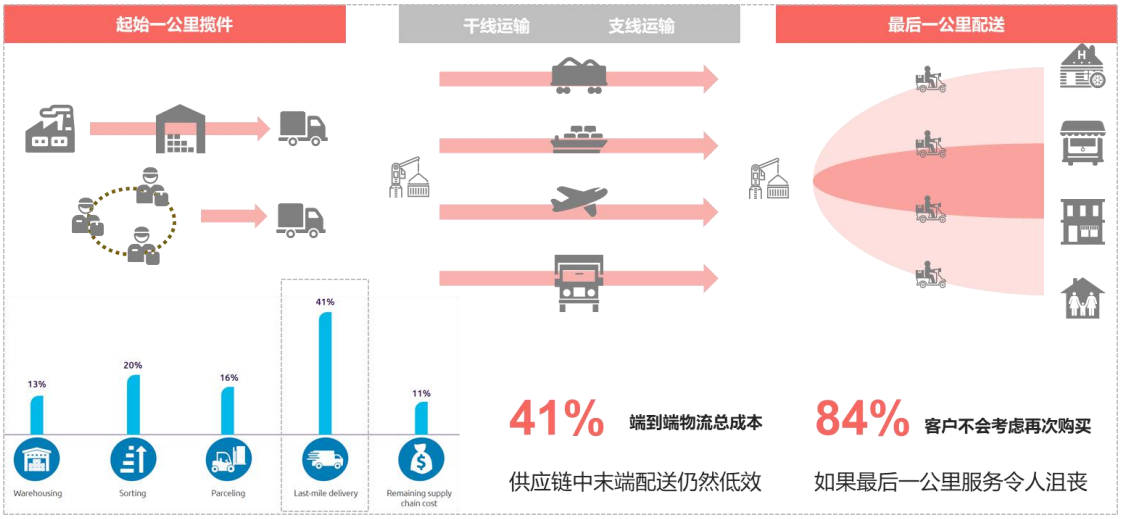


图 4-7-22 城市配送规划

解决方案实施：

智能城配路径规划方案是基于数据挖掘和策略学习的路由优化 AI 解决方案。通过这样的方案，可以实现：优化的运单分配，高效的调度司机和车辆，以及由高速运算能力支持的 What-if 决策和先进仿真模块支撑的实时业务监控和 KPI 评估平台。通过实现对业务的智能优化，达成成本的节约和客户体验的提升。

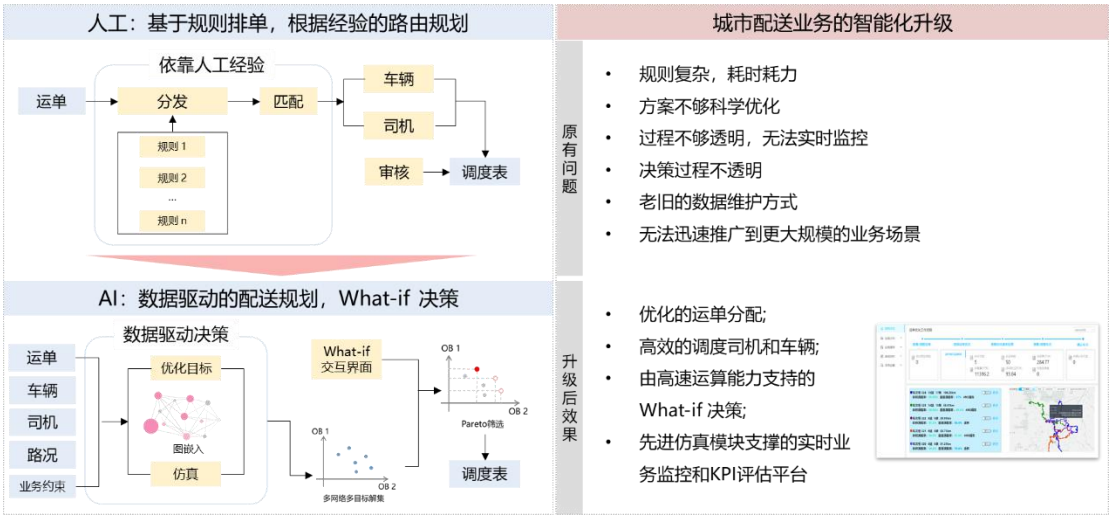


图 4-7-23 城市配送智能化升级

系统功能特色：通过对路由优化算法的综合研究，及对中国区业务场景的相关分析，确定了通过启发式搜索算法以及基于强化学习的图网络模型的智能城配路径规划算法。启发式搜索算法以及基于强化学习的图网络模型可实时生成优化的运单调度表和配送路线。跟人工调度相比，算法生成的路线更合理。其算法尽可能避免了为单个运单往返行驶这种低效的配送模式。

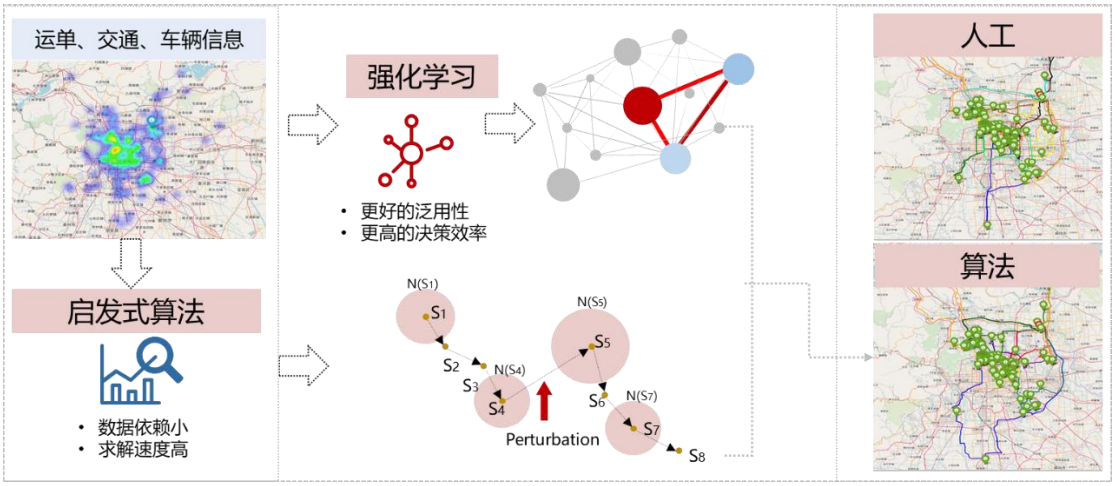


图 4-7-24 路径优化算法

解决方案实施收益：

- 对配送总里程的优化（与人工方案相比降低约 11%）。
- 对配送总车次的优化（与人工方案相比降低约 17%）。
- 对车辆装载率的优化、对不同成本结构组合下的配送成本的优化。
- 对规划时间的优化，以及对不同配送方案的仿真分析。

4.7.6 统仓共配解决方案

：互联互通，智能决策 ：大数据，人工智能

方案实施背景：

联想作为一家依靠强大的分销模式发展起来的品牌厂商，随着 IT 行业竞争越来越激烈，利润越来越薄，且整个销售链条不透明，库存积压严重、周转居高不下。如何拉通库存，实施库存一盘棋管理，提升整个链条健康良性发展，是联想面临的难题。同时，做为联想强大销售支撑的分销商体系，由于其物流业务分散管理、缺乏规模效应，管理成本逐年增加。

解决方案实施：

联想在 2013 年开创了统仓共配 SEC（Shipping To End Customers）模式，并逐步全国推广。依托共享经济和共同配送理念，实践商流和物流分离，将分销商体系的物流职能进行整合，通过仓配一体的 SEC 物流平台，为分销商和下游经销商提供高性价比的优质物流服务体验，提升整个销售链条的效率，建立共赢的生态体系。同时也为提升社会高效物流效率和降低社会物流成本做了有益的尝试和探索。

SEC 为支持联想中国区直供客户专门搭建的一套物流仓配一体运作体系。SEC 模式运作之前的联想销售物流体系是先从联想中央仓 CDC（Country Distribution Centers）送货到省会仓 RDC（Regional Distribution Centers），RDC 再落地分拨到分销商仓，分销商接到经销的订单需求后再自行安排物流公司送到经销库房或门店。实施 SEC 模式后的物流体系是从联想中央仓（CDC）送货到省会仓（RDC），到了省会仓，代表分销已收货（分销商授权 RDC 代表收货），取消了分销的库房，分销的下游经销商或最终客户有销售需求，分销会发出货指令到 RDC，RDC 物流配送到经销库房或最终的收货客户和门店，该模式把所有分销的货物集中由联想指定的物流公司统一进行仓储管理和配送管理，实现统仓共配。

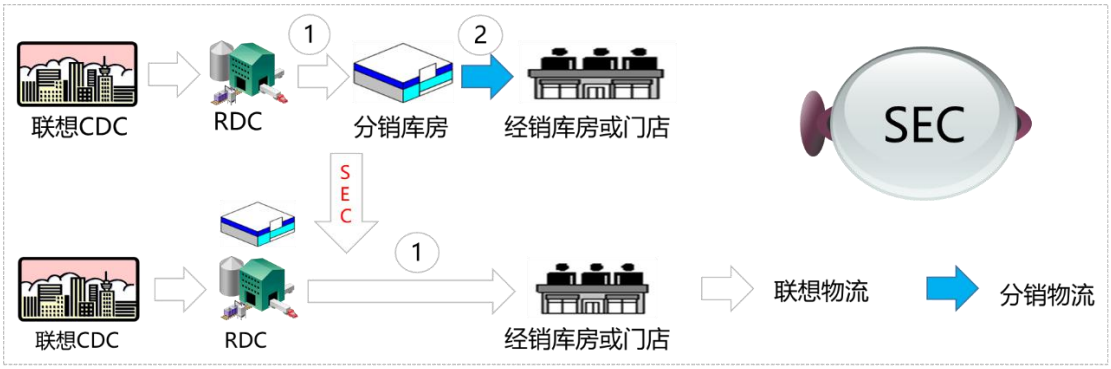


图 4-7-25 统仓共配 SEC 模式

SEC 是为支持联想中国直供客户模式搭建的一套仓配一体统仓共配物流管理体系。该体系主要涵盖：客户订单管理（分销/经销下单），仓储单品管理（SN 出入库），配送管理，全程可视化管理、退货管理、结算管理等功能。

SEC 模式同时可升级为智慧云仓模式：智慧零售要求物流不仅要支持 TOB 体系还要支持 TOC 体系，还要互相融合，实现库存共享和就近配送，实现线上和线下高度融合的全渠道物流模式。

通过 SEC 模式实践经验沉淀和积累，联想物流建立了强大的覆盖全国的纵深网络布局，到达全国所有县和乡镇，能有效地支持 ToB（分销/总代/大企业）及 Tob(经销商/门店/中小企业模式) 和 ToC(B2C 模式，上海/合肥/北京发全国 ToC 客户)物流业务。为此，联想物流在 SEC 模式物流体系的基础上升级改造成全渠道物流支持体系，用一套体系来支持所有的业务模式，让物流成为联想全渠道业务的核心竞争力。

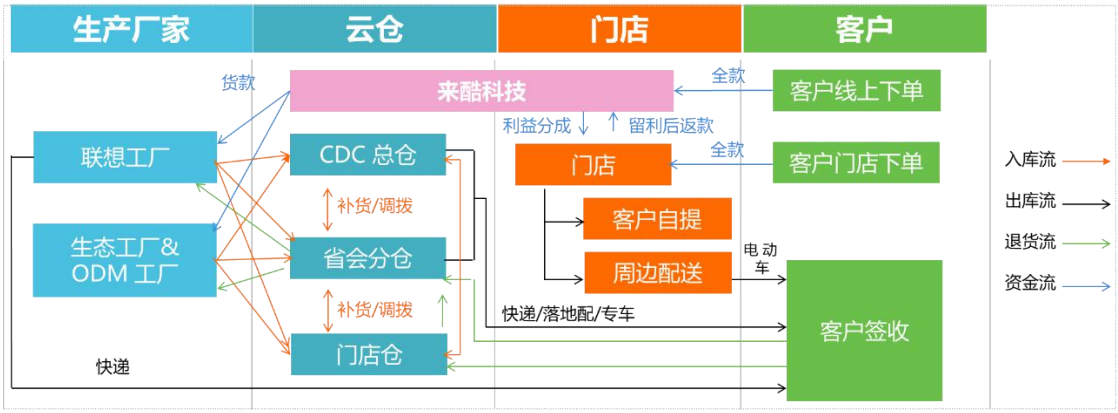


图 4-7-27 智慧云仓模式

解决方案实施收益:

统仓共配 SEC 模式端到端物流成本下降 33%，时效提升 56%，货损下降了 33%。同时，对联想拉通了库存，使得整体库存降低和预测准确性提高。对分销来说，解放生产力，让分销商可以更加专注于销售，对物流商来说，该模式提升了其规模效应（货量翻倍），盈利能力提

升，跟品牌厂商合作也更紧密，竞争力和安全系数也得到比较大的提升。该模式实现了多方共赢，资源共享，深度协同，形成良性的生态运作体系。

图 4-7-26 统仓共配 SEC 模式项目收益

联想智能仓储物流展望：

智能仓储将融入认知计算、协作机器人、3D 打印和物联网等最新技术，联想物流也在供应链推动数字化转型的大潮中，融合联想当前强大的生态链，运用新型的技术与应用，科学组织物流合作伙伴高效协同，打造业界领先、科技驱动、柔性敏捷的智慧、绿色物流生态平台。

智慧物流是指通过智能硬件、物联网、大数据等智慧化技术与手段，提高物流系统分析决策和智能执行的能力，提升整个物流系统的智能化、自动化水平。智慧物流集多种服务功能于一体，体现了现代经济运作特点的需求，即强调信息流与物质流快速、高效、通畅地运转，从而实现降低社会成本，提高生产效率，整合社会资源的目的。

联想希望能够协同行业伙伴一起打造业界领先，科技驱动，柔性敏捷的智慧、绿色物流生态平台。

4.8：应用场景—服务管理

服务作为连接客户与联想的关键桥梁，识别客户需求，以客户为中心，是联想服务最为关心的问题。如何通过服务成就客户也是联想服务的重要策略环节。

智能服务针对不同的客户特点和需要提供全方位的多元化服务模式，满足不同产品、不同客户、不同时期的服务要求，通过联想服务协同多方资源培育核心制造力，延展供应链，将客户的使用习惯结合产品信息，区域文化，客户个性以等，打造生态数字生态圈，实现质量闭环提升产品质量，建立自动服务客户的机制，服务客户，走进客户，成就客户，成就联想。

联想智能服务以自主的制造力为核心，打造可对外赋能的服务体系，为客户提供自动化、多元化、个性化、高效化的服务。联想通过智能服务交付体系给客户提供优质的服务交付。

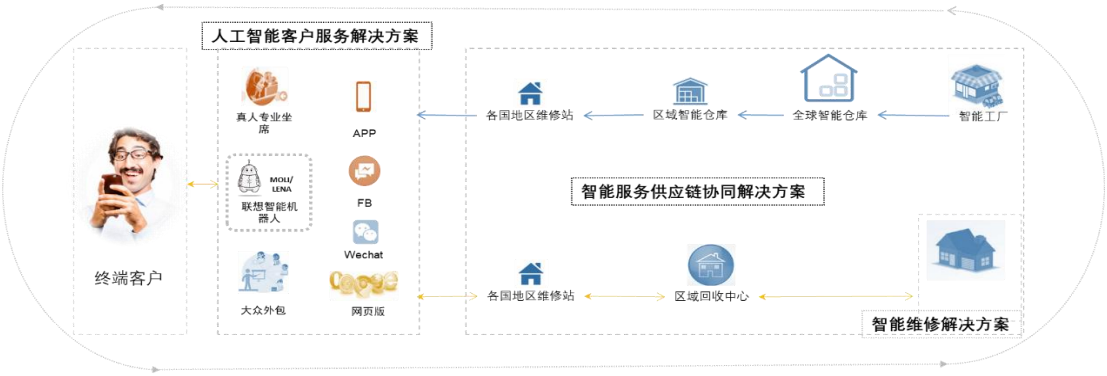


图 4-8-1 智能服务解决方案

4.8.1 人工智能客户联络中心解决方案

：互联互通，智能决策 ：语音识别，人工智能

方案实施背景：

联想在提供产品的同时也为客户提供相应的服务，用以解决以下问题 ：1）客服离职率高，招人难，培训难，管理成本高，服务质量难以持续提高。2）客户期望增高，多渠道多媒体接入，资源和响应成本持续提高。3）多语言多区域服务，知识深度提升也越来越复杂，知识经验无法持续积累。为此联想开发了人机协助的客服做为海外智能客服端到端解决方案。

同时，基于国内媒体平台和市场特色，联想开发了智慧客服魔方用于国内用户的智能解决方案。

解决方案实施：

人机协助的端对端客服解决方案（海外版）拥有如下技术特色：1）多模态，支持语音，图片和文字输入。2）多社交渠道（Facebook Messenger，WhatsApp，微信，Line，Web），多媒体答案输出。3）多语言，支持中文/英文/葡萄牙/西班牙/日文。4）支持多产品服务，目前支持联想手机，PC，IT 服务等行业。 5）内置企业知识图谱，涵盖联想服务 30 年知识和经验积累；一体化对外接口赋能智慧服务；自检查机制，实时自动维护。6）内置大数据平台，支持服务指标实时计算和展出。7）系统自学习-基于大数据 Text Mining 实现系统自学习。8）内置众包平台，支持数据和知识的众包模式生产。9）人机协同，和真实客服代表无缝集成，实现互学互长。

同时该方案拥有如下特色：1）细粒度多语言自然语言理解引擎 2）独创的高效可配置的网络驱动的对话管理平台 3）丰富时间流驱动的企业知识图谱和服务;4）完整的企业服务中枢平台。

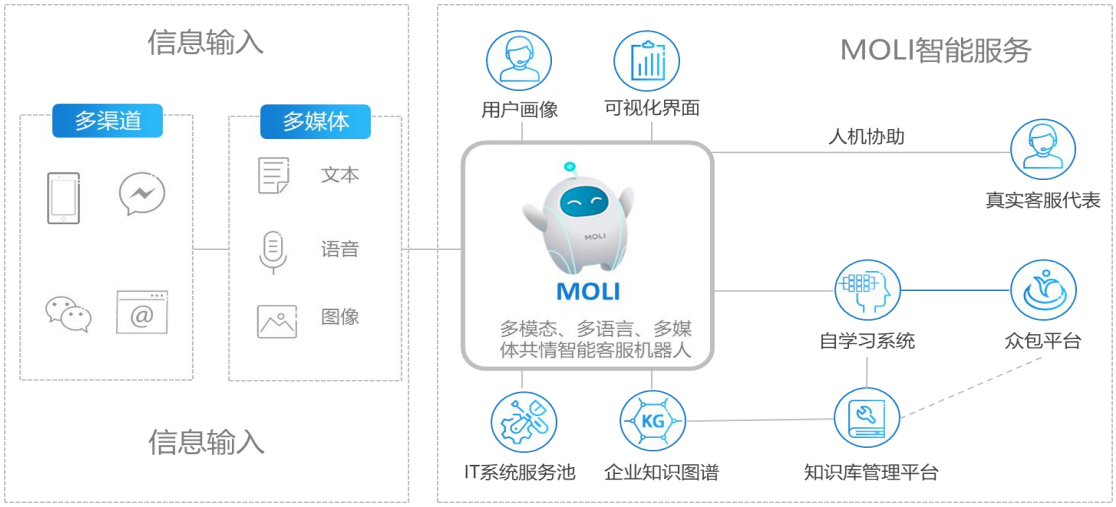


图 4-8-2 联想 MOLI 智能服务

同时，该方案与软硬件环境和系统深度集成，提供为不同场景和客户群定制化的解决方案：

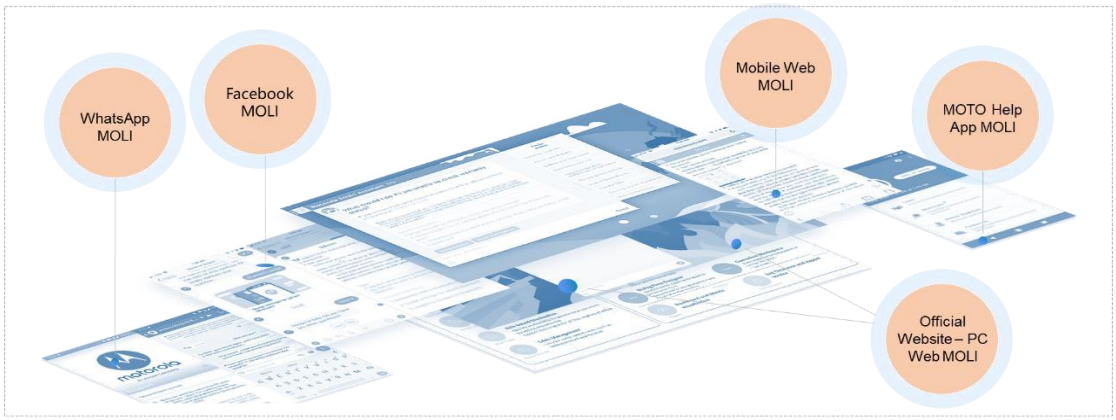


图 4-8-3 场景应用及定制化

智慧客服魔方（国内版），基于微服务架构，把业务流程封装成可重组合的灵活模块，激活海量沉淀数据，覆盖智能匹配、智能推荐、客户情绪、行业特色赋能四大智慧客服场景，契合服务业务发展需求的智能化解决方案，拥有如下特色：

1）完全独立自主研发的客服系统，同时基于商业化目标自研了基于容器化的 SaaS 多租户平台和 IM 即时通讯等底层技术；2）支持国际化多媒体渠道接入：如微信公众号、企业微信、钉钉、网站、WhatsApp、Facebook，同时支持中、英、日等多种语言工作界面，并支持灵活扩展语言包；3）支持私有云、公有云和混合云多种部署场景，满足不同客户的需求；4）覆盖文本、语音、邮件等渠道的服务接入，统一识别用户，统一工作台，降低坐席操作成本，提升工作效率；5）通过多种智能化手段赋能坐席，将机器人和人工的技能进行充分结合，在服务过程中通过智能推荐、实时感知用户情绪等智能化手段降本提效，例如：智能路由、语音转文本等；6）实时监控看板，可动态分析并展示业务数据，帮助运营管理快速决策，提升整体

运营效率；7）灵活搭载 ASR（Automatic Speech Recognition）、TTS（Text To Speech）等技术，针对客服需求制定质检内容范围，实现语音、文本 100%覆盖质检，节省大量人力；8）自主研发 NLU（Natural Language Understanding）自然语言理解引擎，能够在海量数据中以自助的方式快速为客户提供答案，保证了自助服务机器人 95%的理解率，保证自助服务高达 50%以上的解决率和 70%左右的满意度；9）通过 OCR（Optical Character Recognition）等图像识别技术，帮助客户快速识别涵盖业务核心知识的图片，帮助客户持续提升 IT 解决方案体验的同时，助力客户业务的智能化转型。

图 4-8-5 联想智慧魔方

方案实施收益：

海外版智能客服方案在 3C 类企业的出海/入海、智慧政务、智慧医疗、金融、电信等领域都形成了有针对性的解决方案和并积累了大量成功案例。

- 端对端理解精度 90%以上，解决率超过 70%，用户满意度达到 80%并持续提升。
- 扩展业务服务时间从 16 x 5 到 24 x 7 之外，改善客服坐席人员工作体验。
- 降低了呼叫中心运营，年比年降低了 15%的服务运营成本。

国内版联想智慧客服魔方已注册国家产品商标，其研发的软件已完成注册国家软件著作权及多项专利；客户包括平安银行信用卡中心、联通系统集成公司、数字广东等项目；

同时智慧客服魔方为联想中国区售后服务、商城售前、服务外包等业务提供系统支持及集成，全年承载服务体量不低于 1700 万，提效 17%，解决率提升 1%，自助服务占比提升 3%；

魔方在新冠疫情期间，迅速开启客服人员在家接线的 SOHO 模式，一方面全力保护员工的安全，另一方面魔方的智能化技术，使客户无论拨打热线，还是在其他社交通路寻求支持，均

为受到影响，整体服务好评率高达 92.4%。

4.8.2 智能服务供应链协同解决方案

：互联互通，智能决策 ：机器学习，人工智能

方案实施背景：

服务供应链的服务对象是终端客户，中心任务是以为客户提供最大满意度的服务为目标。

目前，无论是 PC，服务器还是移动手机，产品差异化逐渐降低。市场是强买方市场，同时客户的诉求也愈发的具有挑战性。比如客户期望知道备件明确的到货时间，希望产品发生问题时可以立刻得到全套的解决方案。客户期望值的不断提升，极大的挑战了传统制造企业的服务运营能力。联想服务面临的挑战，是所有全球化企业在互联网商业背景下面临的的共同挑战。如何在复杂多变的市场环境下，准确感知市场需求，快速响应客户需求，提供超越客户服务期望的价值体验，驱动着联想服务供应链运营在战略上的不断变革。为此联想探索实践出了智能服务供应链协同解决方案。

智能服务供应链系统的开发与应用为服务计划团队提供了能够保障准确性和一致性的需求预测服务。该系统通过人工智能技术的运用，由机器学习引发主动需求预测，触发多层级多场景下提供对服务备件整个生命周期以及采购计划期内准确的需求趋势分析和需求周期性波动预测。除此之外，还提供了安全库存优化模块，用来帮助计划人员找到备件所在位置，类别，生命周期和价格范围内的最佳安全库存参数。智能服务供应链系统还提供了智能化的分货补货以及再平衡模块，用来帮助计划人员找到最合理的分货策略，如计划周期，分货激活条件，分货优先级等。

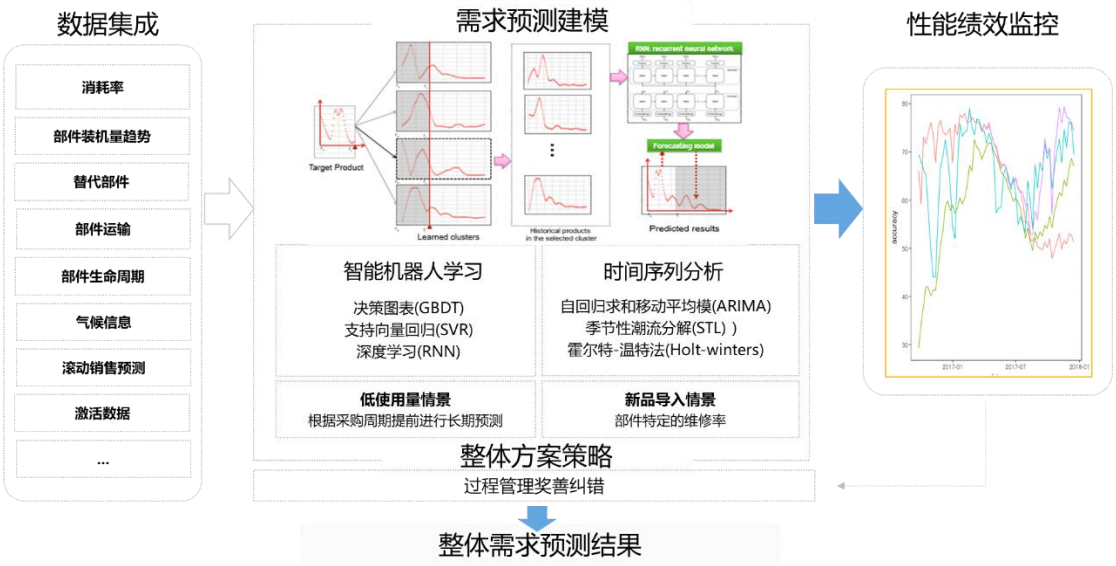


图 4-8-6 智能预测模型

由这些模块构成的智能服务供应链系统成功应用，不仅通过自动化极大的减少计划人员的需求和工作量，而且显著的提升了服务供应链的表现，提高了客服满意度并降低了供应链运行成本。在联想售后服务中，该系统的需求预测比人工表现提升了 7%，预测准确率达 78%，远超业界 50%的准确率。

此外，在采购与供应方面，精准的需求计划与预测的背后，需要强大的采购能力以及供应弹性作支撑。联想的全球供应系统及其复杂，拥有 30+家工厂，280 万家分销商和渠道商，2,000 余家零部件供应商，品牌维修点与授权维修商更是数不尽数。面对这样庞大的供应体系，供应协同化便迫在眉睫。基于此，联想提出了供应商协同平台的解决方案，建立 PMS (Procurement Management System)，分层次的解决采购执行中的协同问题。实现信息发布协同，供应数据协同，供应数据全链条的可视化。

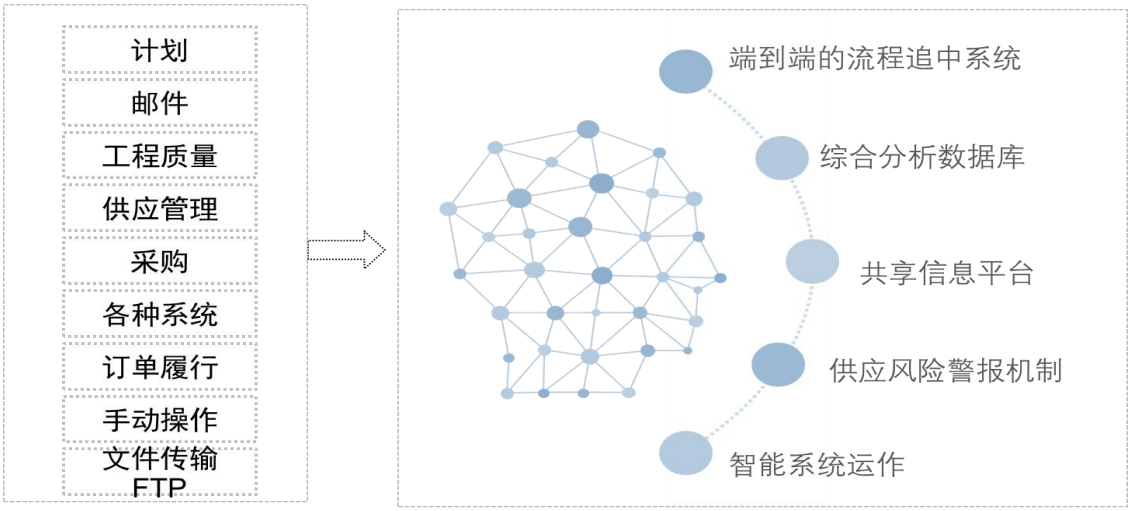


图 4-8-7 智能采购可视化

解决方案实施收益：

- 服务备件订单 MRP（Material Requirement Planning）到零部件采购订单全流程可视。
- 采购订单供应风险分析，提前预警下层物料和产能瓶颈，提供智能应对方案。
- 最优化服务备件采购订单最小订单量(MOQ)，缩短服务备件供应周期提前期
- 服务订单自动生成工单，自动生成财务发票。
- 服务工单自动生成物流配送需求，并实时监控物流配送。

4.8.3 智能维修解决方案

：闭环质量，智能决策：人工智能

方案实施背景：

在联想服务故障备件方面存在如下挑战：首先是返还报废处理成本高。其次是循环利用，绿色环保的要求。再次是降低备件库存，节省运营成本的需求。最后是提高备件的周转率，加快服务供应链的步伐。

解决方案实施：

依托联想的研发创新驱动、高效供应链管理、智能制造平台和生态质量管理，整合内外部资源，搭载联想强大的服务网络，为联想全球提供全方位服务。

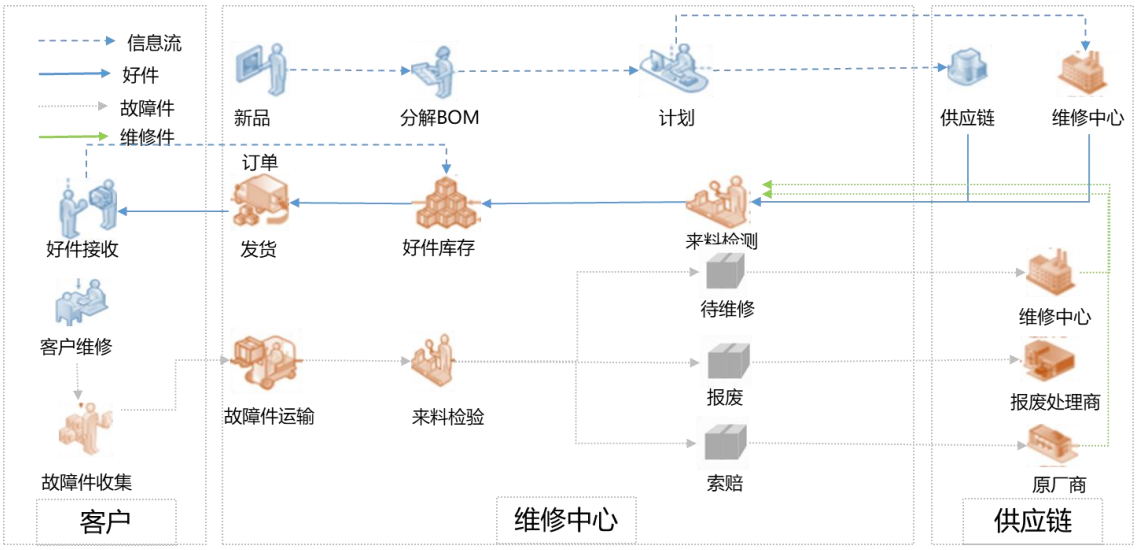


图 4-8-8 服务中心端到端的业务流程

向客户提供备件供应、主板、屏幕组、智能产品维修、整机翻新、软体服务等领域的增值服务。提高服务备件的运转率，降低全球各级服务备件仓储库存量，降低整个服务备件运作成本，同时，更快更准的解决客户问题，提升客户的满意度。

解决方案实施收益：

- 更快更准的解决客户问题，提升客户的满意度。
- 降低整个服务备件运作成本，提高服务备件的周转率，降低全球各级服务备件仓储库存量。

智能服务未来展望：

智能服务是未来的趋势，服务供应链是其中的重要环节，协同体系的建设是生态圈建设，从企业战略层面、执行层面到企业的组织层面、技术层面等需要全面的协同才能实现有效合作。在工业互联网时代，不管是制造业还是零售业，对于供应链管理的重视和需求都是直线上升的。

智能服务的本质就是将服务供应链中的不同环节，如产品的设计与定义、预测与需求，采购与供应、生产与制造、仓储与物流，使用与追踪、维修与交付等组织起来，以整体协同管理为目标，以专业协同技术为基础，以业务信息共享为手段，以物流运营标准为支撑，从系统工程的战略高度出发，有效促进供应链的内部、外部协调一致，在保证服务整体效益价值的同时实现企业“局部效益”，开创“多赢”的局面。

4.9：应用场景—质量管理

质量管理面临的挑战与机遇包括：质量工作的核心理念是向用户提供可靠、易用、超出用户期望的产品。在互联网+时代，用户对质量的需求，已经发生了与时俱进的变化。客户不再满足于基本质量功能的需求。即使产品在质量上已经满足通常规格，但可能与用户期望值之间依然存在差距。如果能利用互联网、大数据、人工智能等技术，实现质量管理的自动化智能化，创造高品质产品；并分析用户对产品质量的期望或者不满，定位改善方向，那么质量就可以超出用户的期望。基于此，联想提出了“以客户为中心的智能质量管理模式”，通过不断总结创新与发展，将这套管理模式应用于质量闭环管理当中，打造高质量的管理体系。

“以客户为中心智能质量管理模式”，总结为 1 个理念，5 个特点。1 个理念，就是：好质量，一起做，为每一个客户。5 个特点包括：

- **聚焦客户：**根据客户旅程图（Customer Journey Map）识别客户需求，将客户需求融入全流程管理、组织设计和标准制定，建立以客户为中心的考核体系；
- **标准引领：**树立标杆，引领行业质量标准，提升联想在国际标准领域的影响力；
- **源头预防：**通过产品全生命周期的前置管理及复盘，实现质量预防及持续改善；
- **生态共赢：**立足全价值链共创共赢，打造智能、敏捷、高效的质量管理生态系统；
- **智能驱动：**智能数据分析，驱动科学决策；智能管理体系，驱动高效运营；智能技术应用，驱动质量创新。

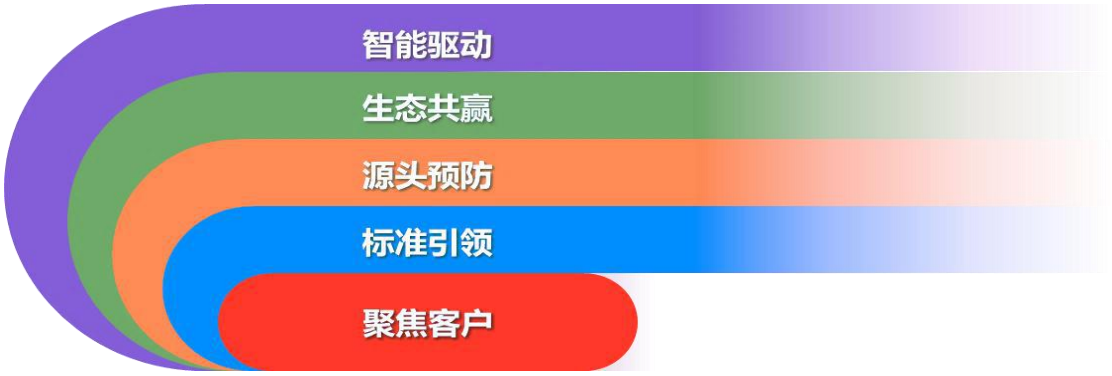


图 4-9-1 以客户为中心智能质量管理模式

其中，最后一个特点“智能驱动 “，具体贯彻到质量管理当中，就是联想对全价值链数据进行采集，比如用大数据挖掘获取互联网公开的客户数据，用 IoT 技术实时取得设备生产数据等等，再将这些数据存储到联想统一的数据平台上。然后，结合质量管理的业务需求，应用机器学习，建模运算等方式精准使用这些数据，实现客户需求分析，针对各种质量问题实施流程管理在线闭环解决。最后，通过统一的质量数据系统门户网站，客户、合作伙伴和联想内部实现协同合作，驱动科学决策，高效运营和质量创新。联想逐步实现视觉检测、质量预测、IoT 物联网等人工智能技术在质量管理领域上的全面应用， 这也将进一步引领联想驱动整个产业质量管理的数字化智能化转型。

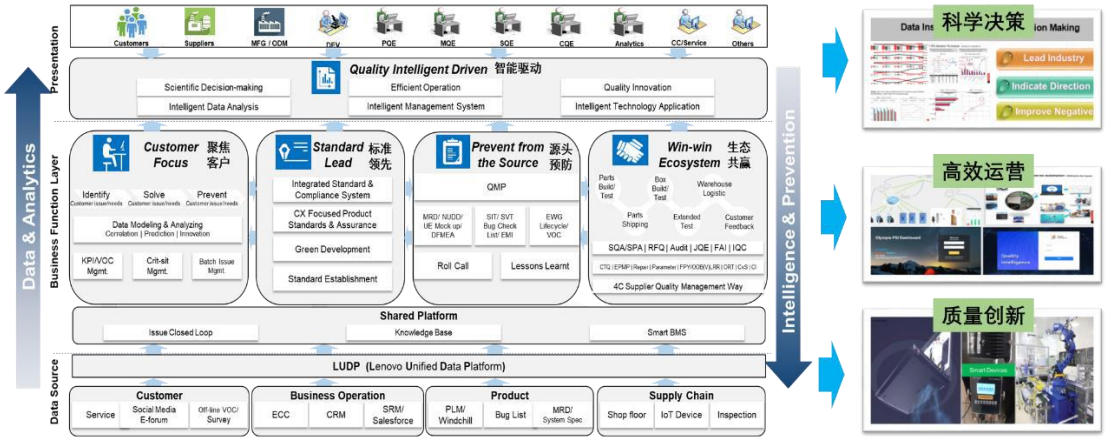


图 4-9-2 质量智能驱动

4.9.1 闭环质量管理，智能驱动解决方案

：互联互通，闭环质量，智能决策 ：自动化，大数据， 人工智能

实施背景：

在互联网+时代，新兴技术正在赋能消费者，改变商业格局。随着科技的进步，用户对产品的期望越来越高，信息也越来越透明。公司提出了用数据驱动决策，向智慧质量转型的战略。质量管理的工作，可以依托 Kano 模型，进行保卫+进攻型质量管理战略。在保卫型方面，需要

持续利用智能化手段，提升产品硬件质量，满足产品质量基本功能的实现，捍卫企业的基石。在进攻性方面，联想需要提升用户满意度甚至惊喜度，通过对互联网大数据挖掘，结合机器学习和语义分析技术，将用户的期望转化成可量化的产品满意度指数（PSI），持续推进产品满意度指数改善，引领客户美好体验。接下来，将介绍智能驱动下的质量管理案例与实践，展示端到端智能化闭环质量管理体系，从产品生命周期评价，到产品质量管理，再到生产和供应商质量管理，最后到客户满意度管理，应用整套智能方案，成就卓越品质。

联想产品生命周期评价(LCA)系统 LCA

产品生命周期评价(LCA)系统，基于 ICT 行业的绿色设计制造现状，进行产品全生命周期业务流程分析和设计，对产品进行生态设计和绿色改进，还供给市场绿色环保的产品。以产品全生命周期资源环境基础数据库为基础，构建 ICT 产品生命周期评价（LCA）体系，利用 LCA 方法和工具科学、定量地评价核心产品设计和制造方案，提出绿色改进措施。

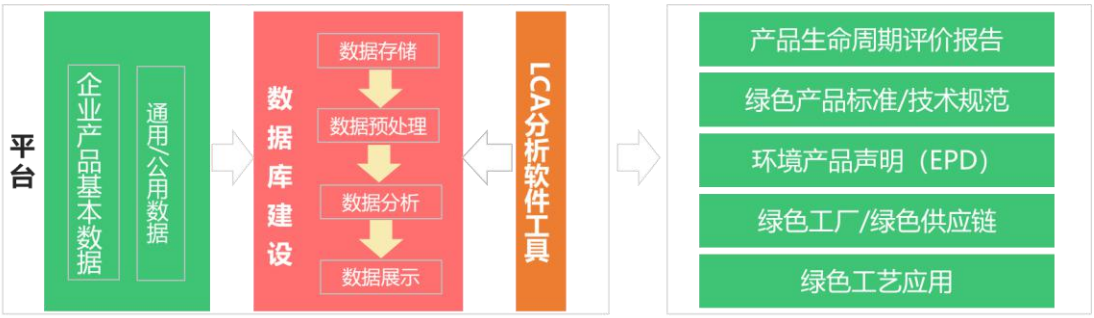


图 4-9-3 LCA 系统基本流程

LCA 平台建设首先以数据为基础，以基础数据库为根本，再整合企业产品基本数据建立有针对性的产品数据库。采用不同算法体系对产品进行评价，最终可生成产品生命周期评价报告，指导生成绿色产品标准和技术规范，生成环境产品声明，对绿色工厂或园区进行评价，帮助企业建立绿色供应链管理体系。

联想通过开发 LCA 系统，开展供应链调查，旨在建立计算机、手机等产品的基础元器件、零部件的生命周期环境信息数据库，并与中国和国际基础能源和原材料数据库集成，建立数据服务平台，为相关产品的生态设计提供支持，服务于产业升级、节能减排目标、产品出口与提升国际竞争力。

开发的产品全生命周期绿色设计与评价工具平台适用于各种企业，应用前景广阔。建立的生命周期绿色产品设计和制造新模式，可以在各种离散型行业企业中推广应用。

数字化产品质量生态管理系统 PQI

质量的数字化生态管理系统，依托于质量闭环管理理念，通过智能数据分析来支持智能决策，并通过智能的管理体系驱动高效的运营，最终借助智能技术应用来驱动质量的技术创新。

PQI可以帮助企业实现质量管理的信息化、数字化、智能化，进而提高质量管理的效率，降低单位质量成本，提高风险识别的准确率，并通过精准的数据分析，完成智能化的风险预知，帮助管理人员更好的控制风险。

图 4-9-4 PQI 系统架构

Smart QMP 升级：质量端到端管理，通过 PQI 系统完成了由传统 QMP 到 Smart QMP 转换，在产品流程控制、关键评审和质量管控三个方面完成了智能化升级。

图 4-9-5 Smart QMP 流程及关键活动

产品规划阶段：产品规划阶段，是产品生命周期的开始，需进行产品蓝图的评审，并对新技术进行风险评估，由 SME 质量专家组定义新标准。

项目启动：项目启动，同时启动评审流程。质量团队结合上一代产品及新特性进行 NUDD 风险识别，并启动 QMP 流程，对 VOC 进行复盘。

制定项目计划：制定项目计划，设计启动相关评审。在此阶段，项目组通过 QFD&DFx 等相关工具对具体项目进行风险识别及评估，并通过 RFQ 流程进行供应商答辩及筛选。

产品开发验证：进入产品开发阶段，需启动样品验证评审。质量管控方面通过 FMEA,测试验证，Bug 管理，客户交互验证等方法开展质量管理工作。

产品工厂导入：产品工厂导入，启动批量验证评审。其中包括制程准备，试产验证，客户模拟测试，试产评审等。

产品上市：产品上市，需项目组根据研发阶段产品状态进行上市决策。同时质量团队启动 EWG 流程，并持续追踪客户反馈，进行产品优化。

生命周期管理：产品上市之后到量产结束为生命周期管理。此阶段会对客户质量数据进行监控（PSI/pNPS），同时对产品质量数据进行监控（FPY/OOB/IFIR/RA），并进行问题管理、Leasons Learnt 以及复盘。

数字化产品质量生态管理系统特点：依托于企业级大数据管理平台，结合质量项目的管理工具，形成了高度数字化、标准化、智能化 PQI 质量管理系统。

数字化：通过 LUDP 集成 R&D、PA、MFG、KPI、Vendor 各部门的产品数据，打通数据链路，把 N-1 product、Design、Test、MFG、KPI、issue 等数据通过 QMP 工作流链接起来，并不同维度的应用于质量管理系统中。PQI 数字化质量管理系统，基本告别了以前人工记录、查询、追踪的质量管理方法，提高了工作效率，减少了沟通成本，有效地提升了数据的实时性、准确性，为项目管理、风险管控打下了良好的基础。

标准化：依托 PQI 质量管理平台，实现质量项目过程中文档、流程、问题处理的标准化管理。问题管理---汇总各部门各项目的问题数据，形成问题数据库，并提供问题查询，可视化追踪，行动建议等功能。风险预测---将质量管理过程中的 LL/Roll Call/EWG 以及变更流程 PCR/EC 挪至线上，通过 PQIS 完成任务的分发、审核、追踪，提高效率的同时让过程管理变得有迹可循。

智能化：完整的数据和标准化的流程都是为质量管理过程中的智能分析做准备，通过科学的建模和机器学习，完成质量管理过程中的风险识别和风险预知。智能分析---包括 QMP/NUDD/EMI 的风险智能识别，自动化 checklist 检测，根据产品特性和历史数据的 KPI/PSI 预测等，为风险预知和质量决策提供有效的参考。风险预测---通过前代产品的性能、问题、KPI 等信息进行智能分析，形成风险自动预警、风险评估和合理化 spec 的功能，有效的识别并降低新品的质量风险。

客户导向（CXQMP）

图 4-9-6 CXQMP 流程

在 QMP 过程中融入 CX（客户导向）管理：1）通过 CX-NUDD 进行风险识别、风险定级、

风险削减最终关闭风险。2）加入客户为导向的 Checklist，提升用户体验。3）提前通过设计来规避工厂组装问题及便于拆解与方便服务等。4）对 VOC 进行大数据分析，通过归类对问题进行复盘。

数字化 CTQ 管理系统

数字化 CTQ 系统解决了操作员绩效无法衡量的业界难题。同时，这个系统也可以把关键岗位操作员工作质量进行数字化管理：

- 利用硬件设备（读卡器）将关键工位操作员和具体工位以及作业内容联系到一起，并且记录到生产系统中。
- 在检验工位利用可视化点选收集不良的方式快速的收集不良现象，并且可以将不良现象反馈到作业员工位，利用人机交互来提示作业员及时改善作业；
- 根据各个生产时段的投入数和不良数生成 SPC 图表，工程人员可以根据系统的提示，给予及时的指导，并快速消除质量隐患。

图 4-9-7 质量闭环控制

相对于传统的的控制方式，这个系统一方面大幅提升了收集问题，发现问题和解决问题的效率，另一方面利用数据库技术可以计算出每个关键工位作业员的良率状况，并用于员工质量绩效考核和员工适岗分析。

目前联想已经在若干 ODM 厂和自有工厂 导入了这个系统，大幅提升了直通率，并且显著降低了相关成本。

IoT 方案在供应商合作伙伴端的实施

供应链的管理复杂性，多方参与，端到端管理，动态实时管理对于传统管理模式来说都是不可逾越的管理鸿沟，唯有数字化这条路才是解决以上痛点并大幅提高管理可视化的正确出路。

联想在这些方面做了非常多的有益实践，针对实时管理和长供应链管理方面，联想推出了智能模具和智能喷漆两套典型的数字化管理解决方案。

智能模具管理：模具寿命管理、模具维护保养、模具非法外包、复制模具的使用频率这些管理难点一直以来困扰着供应商质量管理部门。传统管理模式下，依靠管理人员不定期的现场审核的方式来检查执行和落实情况，以及出现问题以后的追溯反查，并根据发现的不合格点复盘更新流程文件的方式来管理，这其中存在着供应商执行力不强，监控不到位，总处于事后被动改进的局面。导致在模具管理上问题层出不穷，防不胜防。此外，整机外包制造 ODM 作为机构件的直接使用者，在管理链条上的参与方，也因为缺乏信息共享平台导致低效沟通、反复沟通，严重影响了实际管理业务的推进，且有大量管理资源浪费在信息同步和澄清上。

同时机构供应商大部分处于供应链的底端，信息化水平较低，不具备自主数字化管理转型的能力。纸档记录的管理方式严重制约了管理的数字化升级。基于这种现状，联想创造性的建立了以IOT+边缘计算为核心的智能模具管理系统，以较低的成本投入，实现了对模具的寿命、生产地点、复制模具的均衡使用等管理痛点的完美解决方案。

安装于模具上的专用传感器，1 对 1 绑定模具 ID，能够在模具通电工作时及时采集模具的工作状态，经过边缘计算盒子的数据处理后，透过 5G 网络，实时回传到联想的数据平台。考虑到机构件生产现场网络信号不稳定等具体挑战，传感器特别选择了 MQTT（Message Queuing Telemetry Transport）协议来传输数据。数据传回后，会被进一步加工和处理，形成可视化的管理报表，并可以在地图上标识每一台开机的模具和物理地址。同时针对累计寿命、维护保养状态、各复制模具间的均衡使用等有完整清晰的展示，从而实现了前置有效的预防管理，解决了管理痛点。

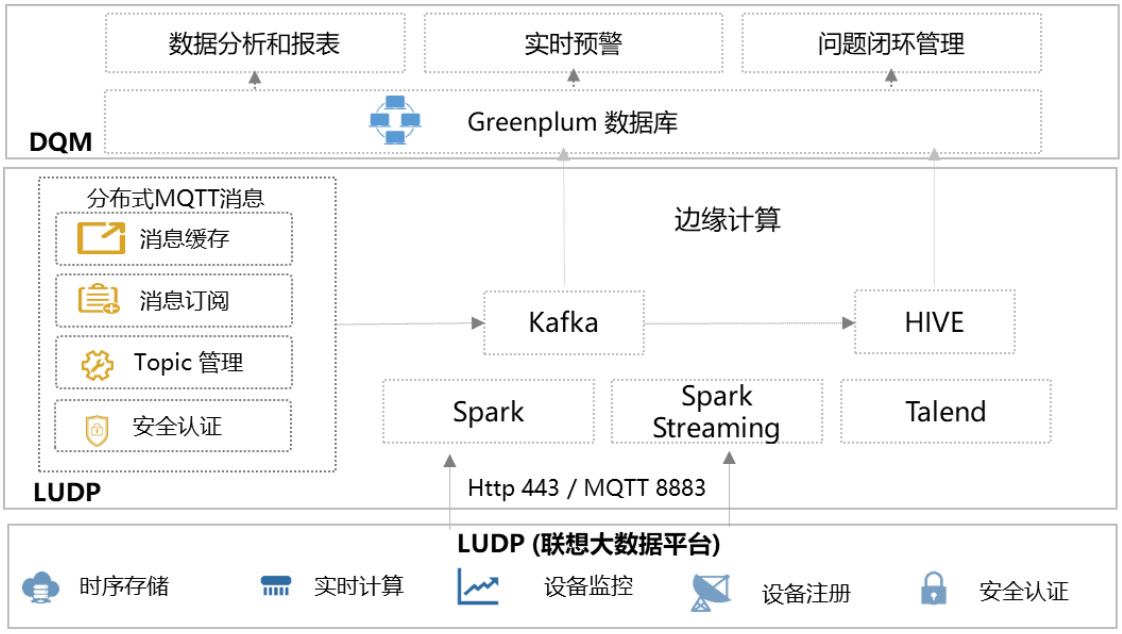


图 4-9-8 智能模具管理

在联想实现了模具的前置有效管理的同时，机构件供应商也可以透过联想的云端管理平台，实现自己厂内的生产制造的电子化管理，以相对较低的成本，大幅提高了管理水平和管理能力。此外，整机外包制造 ODM，也可以通过这个开放共享的平台，一起了解和掌握模具的状态和质量水平。此套智能模具系统通过数据共享，平台共享实现了机构件供应链上机构供应商，整机外包制造 ODM 和联想的三方管理共赢。

智能喷漆管理：喷漆供应链又是另外一种典型的管理难点的场景。油漆作为决定产品外观颜色和质感的关键材料，通常在产品设计初期就由联想指定了供应商和料号。但是在实际生产过程中，做为油漆消耗的喷涂厂是作为机构件的下级供应商存在的，这种第 2 层、第 3 层的系列下级供应商管理严重挑战着管理水平。

实际运作时，由于各种原因喷涂厂存在不使用指定油漆，或者油漆配方错误等潜在风险。而油漆喷涂完成后，非外观类问题，非常难及时发现，也缺乏有效的手段进行分析和鉴定。一旦发生批量的可靠性售后问题时，技术根本原因的寻找、责任的判定都有非常大的挑战，造成产品部门单独面对巨大的损失。另外，由于油漆的使用消耗和补充，是个动态过程，纸质的消耗平衡表很难及时判断油漆的消耗和使用是否合理。

针对上述潜在风险，促使联想开发了智能喷漆系统来彻底解决系列多级子供应链的管理难题。全新设计的智能喷漆管理平台，从油漆供应商，到喷涂供应商，再到机构件供应商，全程端到端对机构件的喷漆作业实现了有效管控。油漆厂在联想指定油漆出货前，在系统里上传二维码，实现关键信息备案。喷涂厂在使用过程中全程扫码，系统自动平衡物料的进销。同时在调漆环节引入电子秤，确保油漆主料和辅料的配比以及配重正确，从而实现了防呆，有效避免了错用、漏加、少/多加等错误的发生。

同样的，相关数据也是实时透过 5G 网络和 MQTT 协议，及时回传到联想的 LUDP。并处理成清晰的报表实时展示，也能够实时平衡油漆的进销，从而有效地堵住了假油漆的使用机会。调漆过程的控制实现了防呆管理，避免了主观和被动管理作业问题的发生。因此智能喷漆管理系统实现了供应链全过程的透明可视化管理，极大的提高了联想的管理水平。

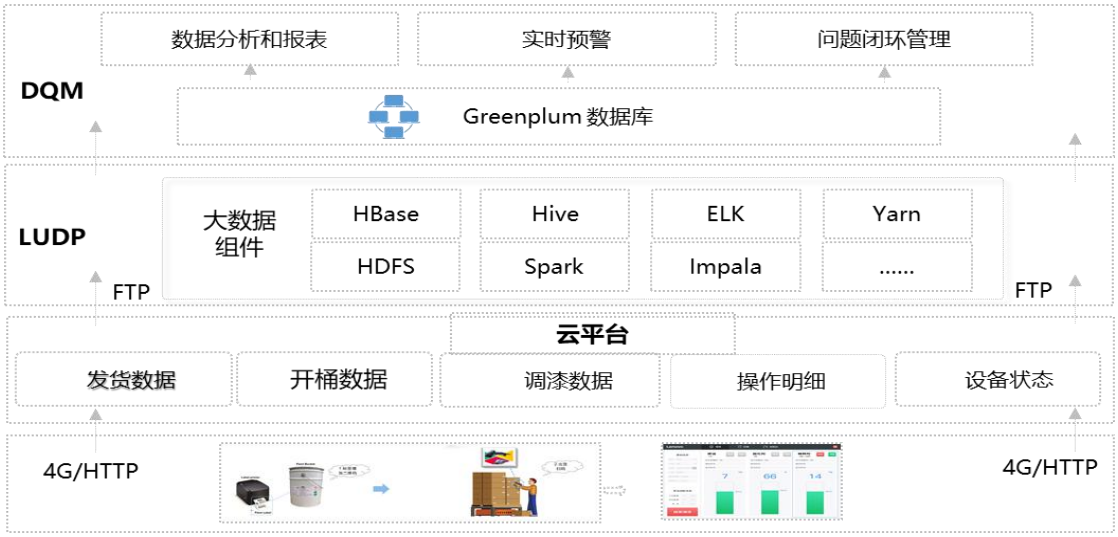


图 4-9-9 智能喷漆管理

以上联想基于物联网技术开发的智能模具及喷涂管理系统帮助联想和相关合作伙伴实现生产状态质量数据的数字化、智能化和远程协作。目前，已经有许多合作伙伴加入到上述系统，未来，联想计划进一步的拓展到更多的部件、更多的工序、更多的合作伙伴，将 IOT 技术应用在生产的第一现场，进一步提升联想部件质量水平。

智能数据挖掘 提升客户体验 – 产品满意度指数（PSI）闭环质量改善

联想独创 PSI（产品满意度指数）指标，通过大数据挖掘和人工智能技术，创造了质量绩效管理新思路和新方法，显著提升了客户满意度。**在推进 PSI 指标过程中，联想对 PSI 指标的定义、战略地位、数据分析方法、闭环管理模式、复盘及持续改善以及数据平台进行明确的要求、部署和实施。**要求 PSI 指标直观易懂，数据分析方法逻辑严谨，并通过闭环管理促进 PSI 指标持续改善。在 PSI 指标数据平台开发和应用上，要求数据挖掘可配置、分布式负载均衡、可监控、稳定持续可用；要求情感分析模型准确度 90%以上，并结合质量分析业务日常工作逻辑，最终通过可视化技术构建一个旨在辅助质量团队日常工作，提升质量团队数据分析能力，促进联想产品质量改进及用户满意度提升的系统工具。

联想通过结合客户质量分析需求，自主开发出两套 PSI 指标分析系统；PSI 指标的分析方法，在定性分析上，开创性地将 PSI 数据和 Kano 模型属性结合，采用自然语言识别技术，K-means 聚类，定序回归等算法结合对产品属性进行客户需求归属；在定量分析上，将客户需求可视化，对产品特性与客户需求匹配度进行分析，促进 PSI 指标改善。

联想明确 PSI 指标的战略地位为全员考核，要求各级组织和人员将 PSI 指标落实到组织及员工考核工作中。PSI 指标的分析和管理获得全体员工认可，并且在供应商和合作伙伴中被广泛借鉴和学习，客户满意度也大幅提升。

1）PSI 指标定义

指标定义：通过片段化互联网用户公开评论转化成统计学用户满意度，直观体现用户需求的满足程度

数据源：各大电商、社交论坛等用户公开评论，包括京东，天猫，苏宁，国美，中关村在线，知乎，客服等

计算公式：PSI , 10* (正面评论数 - 负面评论数) / (正面评论数 + 负面评论数)

分数范围：负 10 到正 10 分。越高越好，最差为负 10 分，最好为正 10 分。

举例说明：用户公开评论：某用户于 2019 年 6 月 9 日在京东上对联想某款产品发布了一条公开评论：这款游戏本屏幕显示很清晰，可是左下角有 1 个暗点，按键手感不错，硬盘容量超大，玩游戏的时候感觉风扇噪音很大。

片段评论：共片段化 5 段。 正面评论数为 3 段：屏幕显示很清晰，按键手感不错，硬盘容量超大；负面评论数为 2 段：左下角有 1 个暗点，风扇噪音很大。

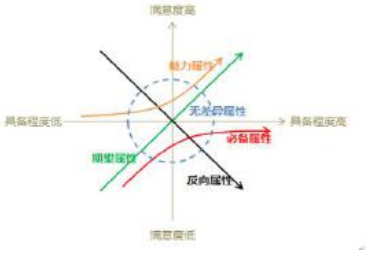
PSI 指标得分为 2，公式为 PSI = 10 * (3-2)/(3+2)= 2。

2）PSI 指标战略地位

联想一直重视“以客户为中心”的质量管理，PSI 指标契合了用户对产品质量满意度的定义，将质量管理从基于故障率的保证生存，提升到基于满意度的引领成功。联想各级组织和人员，将 PSI 指标贯彻落实到组织考核及员工考核的工作当中。质量的各级领导及全体员工，研发、产品经理、项目经理、市场营销等组织，都已将 PSI 指标落实在绩效考核中，PSI 指标的重要地位正体现着联想“以客户为中心”的战略实践。

3）PSI 数据分析方法 之– 定性分析

通过 Kano 模型结合算法并建模，直观映射用户需求属性。授狩野纪昭教授在 1984 年总结发表的 Kano 模型奠定了客户需求研究的理论基础。



多年来用研小组大多采用问卷调查的方式来识别客户需求的类型，这种方法费时费力，样本小，周期长。联想质量部门研究并创新了一套新的方法，利用互联网电商平台和论坛用户公开评论获取的数据，采用自然语言识别技术，K-means 聚类，多元线性回归等算法结合来对产品的各种属性进行客户需求的类型归属。如下图（kano 模型运算），通过模型原理、建立过程到计算对“价格”、“散热”、“外观”三个属性的客户需求做定性分析的结果，通过计算得出的系数曲线与卡诺模型的分类进行匹配，直接判定。这三条曲线就是 Kano 模型算法直接运算出来的。

总体思路，就是应用 KKMA 回归模型（KKMA 全称 Kano,K-means,MDS,Adaboost），结合 PSI 的评论数据，首先做情感强度等级划分（比如用户说电脑很安静，电脑声音有点大，声音太大了，简直就是轰炸机），然后通过回归关系计算出每一处的情感强度对用户评分影响的系数，通过他们之间的关系直接用图形展示需求属性。对数关系图形为必备属性；线性关系为期望属性；指数关系为属性。下图示中的结果就是我们前期分析的一款消费型笔记本用户对价格，散热，外观的属性归属。

此模型算法一旦建立即可灵活多次的开展需求分析，具有数据样本大，灵活性高，迭代速度快等特点。为联想定性认知客户需求提供了更好的解决方案。

与传统的基于问卷调查的 Kano 属性归属方法相比，KKMA 回归模型的优点：首先，可信度更高（数据充分,模型拟合度 >86.5%)- 调研千条，模型 10 万条/月可用。其次，灵活度高（随时变换研究的目标客户群) – 调研对象固定，模型通过数据源筛选，可以直接针对不同客户群分析，如商用客户，消费客户，甚至游戏客户教育客户等。再者，分析周期短 （数据随时获取，模型计算时间短) – 调研数周，模型小时效率。

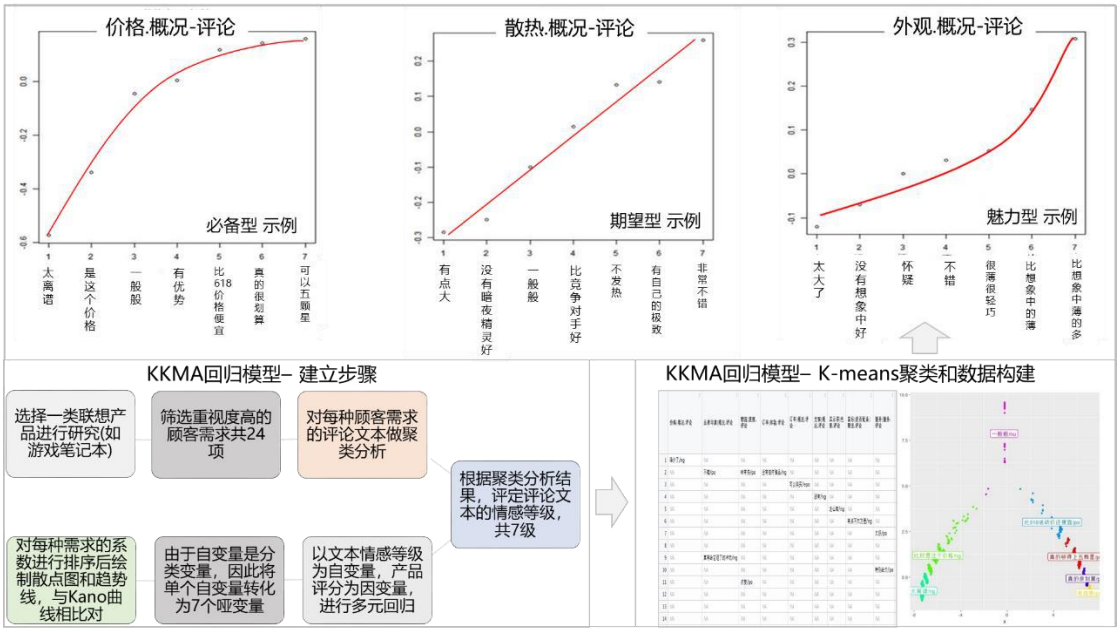


图 4-9-10 Kano 模型运算

4）PSI 指标数据分析方法 之– 数据可视化

PSI 指标数据平台通过数据挖掘等数据采集手段，自动采集互联网及企业客服中涉及用户对于产品质量反馈的公开数据。经过大数据处理、机器学习以及自然语言处理等技术进行分析。结合质量部门日常分析逻辑，最终通过可视化技术构建一个旨在推进质量工作高效卓越，产品质量及用户满意度持续改进的系统工具。

PSI 指标数据平台方案由联想自主开发，采用业界公认的机器学习、自然语言处理等技术，

具有掌握性、复制性及广泛的拓展性。

联想开发的两套实用性很强的数据可视化系统是 PSI 指标管理的基础，包括两大模块：（一）.围绕指标管理的 PSI 持续监控和分析，（二）.以大数据视角观察客户对产品评价的统计和聚焦。 这两大模块操作简便，通过鼠标一键收集数据，最终直接在系统页面完整呈现用户关注点及改善方向。并且，还可以直观显示用户最关注的优势和劣势并进行排序，系统用户操作简便，高效实用。

功能模块 1）围绕指标管理的 PSI 持续监控和分析，可灵活刷选，多维展示。

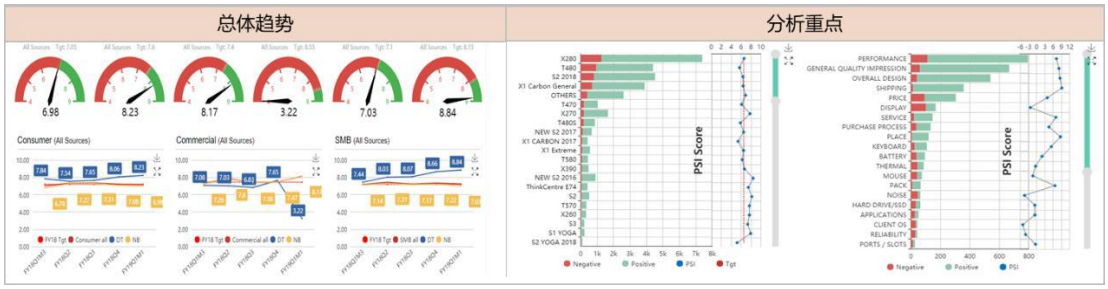


图 4-9-11 维度分析和展示

功能模块 2）以大数据视角观察客户对产品评价的统计和聚焦，可全局掌控，细化解读。

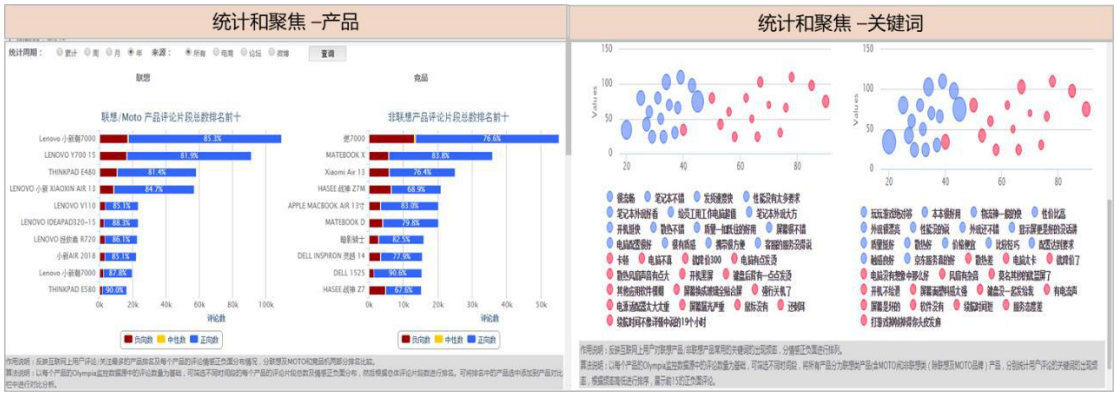


图 4-9-12 统计和聚焦 –产品&关键词

5）PSI 指标数据分析方法 之– 三种分析结构

联想质量部门根据业务改善的规律，总结归纳三类分析方法，统一分析步骤和目的，使得整体 PSI 分析质量高，效果好，改善显著。1）产品的生命周期，持续保证产品满足客户需求的程度。2）产品的迭代升级，不断改进产品满足客户需求的变化。3） 产品的市场竞争，创造优越产品引领客户需求的喜悦。

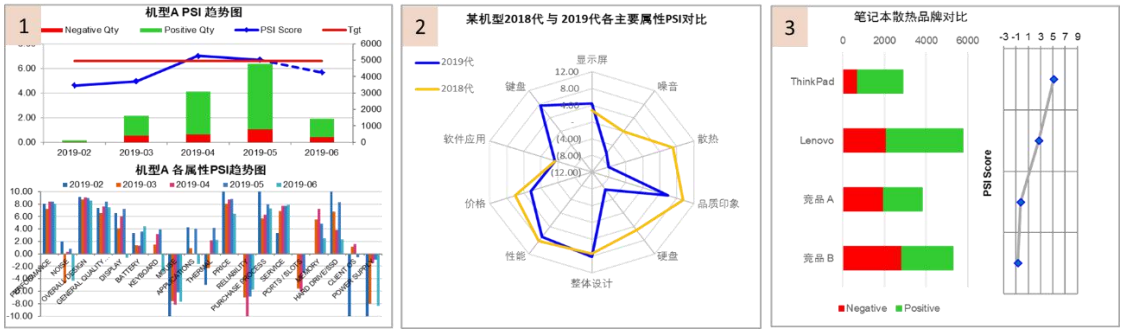


图 4-9-13 三种分析结构

目前 PSI 指标已经广泛应用于联想各部门以及合作伙伴当中，渗透到产品从设计，开发，生产到销售的各个环节，是组织内外部达成共识持续提升产品品质的有效指挥棒。

6）PSI 指标的闭环管理模式

PSI 指标的闭环管理模式，包括 PSI 指标年度目标制定总则（包括目标制定原则和流程，规定了高层领导负责全员参与的理念，规定了 PSI 指标各部门的职责分工），和质量决策改善闭环体系。结合客户导向文化宣传，在全员阐述 PSI 指标闭环改善文化，进一步推广“以客户为中心”的质量管理战略。

7）PSI 指标的复盘及持续改善

联想从 2007 年开始，就将复盘的方法应用于质量管理中。 “复盘”来源于中国围棋的一个术语，联想的复盘是行动后的深刻反思和经验总结，通过不断地学习、总结、反思和提炼来持续提升组织智慧，保证同样的错误不会再犯，同时传承经验和提升能力，最终把失败转化为财富，而把成功转化为能力。PSI 指标在实践中，通过不断复盘，正发挥更高价值。其中，PSI 数据和 Kano 模型关系的定性分析研究和复盘，为改善用户需求属性提供了模型依据，极大改善了 PSI 指标的分析思路和组织决策效率。此外，PSI 的另外一个重要复盘，是将 PSI 基于单一数据源（公开评论数据）的结果型分析转化成基于多维数据集（公开评论数据，研发数据，生产数据，产品参数，客户画像，客户行为记录等）的因果型分析，从而提升 PSI 分析方法，完善 PSI 指标体系。上述复盘和研究，是联想质量绩效体系秉承数字化和智能化改革的先驱探索，将为联想提供基于大数据的客户满意度质量分析提供模型依据，引领业界质量分析变革。

8）PSI 指标的数据平台

联想通过特有的混合模型情感分析、基于实际业务的产品属性和基于规则的分类，开发出具有特色的 PSI 指标数据平台。

图 4-9-14 产品分析系统架构

PSI 指标数据分析应用了自然语言处理技术。除了分词及词性标注，情感分析技术是整个 PSI 指标数据平台的核心。情感分析模型需要从原始文本中识别出评价对象以及情感倾向（正面、负面、中性）。构建情感分析模型首先需要人工标注大量的训练语料，然后利用自然语言处理及机器学习技术针对标注语料进行模型训练，得到情感分析模型。利用训练得到的情感分析模型构建产品公开评论分析系统，并将在使用过程中发现的情感分析错误反馈给系统，以供针对情感分析模型的持续优化改进。在情感分析模型构建方面，主要采用基于 CRF 的序列标注+规则的混合模型，准确性在 90%以上。

图 4-9-15 分词和情感分析模块

解决方案实施收益：

整套闭环质量管理体系，极大改善了产品硬件质量，使得联想产品质量和客户满意度持续保持两位数百分比提升且处于业界领先地位。尤其从 PSI 指标和质量的数据结果来看，一些类型的问题是 PSI 的分析独有的洞察（如:美观度的喜好（材质, 颜色,Logo 等），设计的喜好（键盘布局, 预装软件等），屏幕分辨率，散热噪音等），一些类型问题直接影响功能（如蓝屏死机，键盘失灵等），如上这些问题的解决，从过程到结果，最终使得客户满意。

在公司内部，产品质量已近成为全公司共识的产品 DNA，在整个组织内形成了质量文化的一致认同。联想的产品售后故障率（包括短期故障率，保修期内的故障率）逐年下降，随之带来的是维修成本的降低和质量管理模式的进一步优化。从公司管理水平来看，PSI 指标和新型

质量绩效管理模式，提供了全网络质量分析模型，提升了企业产品质量分析水平，也提升了企业竞争力，获取多项专利，获得合作伙伴广泛认可和引入。

综上，在闭环质量管理领域，联想基于对行业和质量变革的深入洞察，通过先进技术与质量管理结合，在智能领域不断投资，大胆探索，不断总结和实践出如上这些成果，而且进一步巩固了联想在质量管理领域的水平和影响力，也助力了联想品牌建设。

联想质量管理展望：

今天，在中国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段的大背景下，“质量”具有了比以往任何时候更高的重要性。在智能化的新时代，联想正通过智能化的变革实现质量体系的优化升级，进一步完善产品质量标准，提高生产效率，为用户打造产品、服务和解决方案的最佳体验，共同推动“中国制造”向“中国创造”转变，让更多中国品牌在世界舞台绽放光彩。

展望未来，联想的质量部门正在利用人工智能技术，实现视觉检测、质量预测、IoT 物联网等质量管理领域上的全面应用。这些举措也进一步引领联想驱动整个产业的质量管理高产高能，生态共赢。党的十九大报告指出：我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。联想积极响应国家号召，打造全球质量领先产品，坚持绿色可持续发展，挑战智能和创新，为中国品牌的魅力而不断地努力。

第五章 智能制造未来展望

智能制造的未来会是怎样的场景，我们设想在未来将是万物互联，机器已成为我们的伙伴，客户能做更真实的自己，制造能更懂客户的心声，科技的飞速发展已经让各种未来的制造场景触手可及。

5.1：打造业界最佳智能制造

联想成立 35 年以来，凭着不断探索实践、勇于转型变革的精神，正从世界领先的硬件设备提供商转型为以智能基础架构和智能物联网设备为基础，以行业赋能为转型目标，为客户提供智能转型的整体解决方案的服务提供商，并逐步成为推进行业面向未来的智能化转型进程中不可或缺的力量。

联想制造的愿景是打造业界最佳智能制造，满足客户的个性化、高品质、创新性的需求。

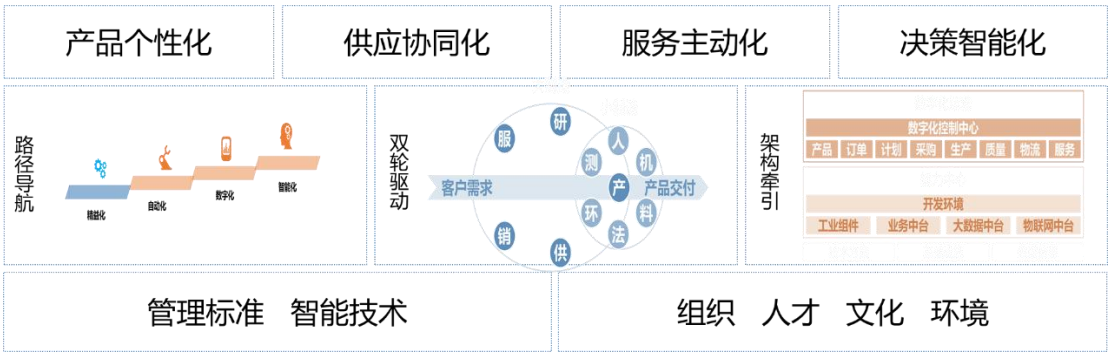


图 5-1 联想智能制造愿景

联想在全球 15 个国家设有研发基地，每年投入 100 亿元用于研发新技术、新产品，研发投入位列中国企业前列。联想集团拥有专利和专利申请超过 29000 项，在智能制造的重点领域，如：机器视觉、AI 技术、大数据处理、5G、边缘计算等均有长期的积累。联想研究院、数据智能、云网融合，IT 等核心自研团队以及外部合作伙伴一起联合产出的各项核心技术和管理标准，是联想智能制造的根本依托。

同时，联想一直以来都非常重视创新人才的培养、发展和投入。联想拥有超过 10000 名研发人员和工程师，致力于打造一个激发技术人才潜能，允许试错、开放协作的文化和场所。组织、文化、环境等是智能制造成功的坚实保障。联想人有着共同认可的价值观和开展业务遵循的原则。 “We are Lenovo” 文化指引着联想人持续进步、不断突破创新、设计备受赞誉的产品、提供卓越的客户体验。

有了两大基础支撑，联想通过从精益化、自动化、数字化到智能化一步一脚印的路径导航，凭借人机料法环的和研产供销服的双轮驱动，以能力为中心、数字化主导的顶层设计，坚定不移的朝联想智能制造的四化目标迈进，联想的四化目标也是联想以及行业生态圈中上下游各企

业共同的目标。通过彼此协作，构筑领先能力，超越客户期望，逐步向高端制造业转型，以智能制造助力产业升级，推动产业智能、绿色、可持续发展，共同践行环境保护、节能减排等社会责任。

5.2：共建智能制造生态圈

联想在推进智能化转型过程中，始终以智能制造为核心，通过推进物流智能化、工厂智能化和供应链交付智能化，构建了高效的供应链体系。正是基于供应链数字化、智能化转型的不懈努力，联想在 2019 年获得了商务部供应链创新与应用试点示范企业的殊荣，在 Gartner 最新公布的 2020 全球供应链 25 强中，联想跃升到 15 位的历史最好成绩，也是客户和合作伙伴对联想共建智能制造生态圈的认可。

做为联想智能制造典范合肥产业基地在新冠疫情的极端恶劣的情况下，正是缘于高效协同的智能供应链体系，在国家启动企业复工复产工作后能够做出快速反应， 3 月份日、周到月出货量都创历史新高，实现了逆势增长。联想正是基于自身的成功实践，助力更多的企业全面升级管理，从传统制造转型智能制造。

图 5-2 联想智能制造创新生态

联想认为，智能制造的延伸拓展不局限于公司内部，更是在行业生态圈内共同打造端到端智能化的能力。生态圈内的每一家企业都有自己的客户和供应商，智能化转型的价值就在于它通过自动化、数字化、信息化等手段使供应链全域乃至企业整体运作能力得以进一步优化提高，从根本上改善质量、效率、成本等企业最核心的运营指标。同时，通过人工智能、数字孪生等先进的技术提升整个产品的竞争力，增强企业对客户的附加值，以及通过生态圈的协同，大数据的分析，机器的自我学习、深度学习以及区块链技术，从根本上改善生态圈的系统、成本、

效率，打造智能制造生态基础，满足客户日益增长的多样化的需求。

2020 年 3 月 11 日，投资 20 亿元的联想南方智能制造基地在深圳正式宣布开工建设。作为领先的智能制造解决方案的实践基地，联想南方智能制造基地在建设初期就引入了物联网、5G、大数据、人工智能、数字孪生、区块链等先进的通信和信息化技术，以互联互通、柔性制造、虚实结合、闭环质量、智能决策等关键特点为基础，通过智能物流、智能排产、智能生产、智能质检、智能规划的结合与应用，有效缩减存储空间、提升物料调配与员工效率，满足不同产品的生产任务需求，打造高度信息化及自动化的智能工厂生产模式。通过深化自身智能制造技术实践，以南方智能制造基地为代表的联想制造铁三角将作为“数字化制造”和“全球化 4.0”的典范，持续建设世界级的“智能工厂”，带动行业上下游产业升级改造，进一步赋能行业，惠及产业链。

同时，联想还与众多合作伙伴一起，通过产业和技术协同，打造智能生态圈和最佳行业智能化的解决方案，服务于智慧服务、智慧行业、智能物联 3 大方向和制造、教育、医疗、零售、交通等多个重要行业，例如，联想研究院通过先进的 AR/MR 技术为中国商飞大飞机制造提供了智能装配解决方案，联想大数据通过人工智能和工业物联网技术，帮助石油石化行业推动智能化、绿色化转型等。至今，联想已经帮助了上百家中国制造领先企业客户推进数字化、智能化建设，推动企业的提质增效和转型升级，通过自身实践做智能化变革的引领者和赋能者。

未来已来，梦想引领我们前行。联想相信，通过我们一起协同努力，赋能实践，梦想就一定能实现，智能制造将由我们共同筑就!

参考文献:

【1】 德国国家科学与工程院：《确保德国制造业的未来——对实施“工业 4.0”战略计划的建议》，2013，《实施工业 4.0 战略》，2016

【2】 美国国家科学技术委员会：《获取先进制造业国内竞争优势》，2012，《加速美国先进制造业》，2014

【3】 日本经济产业省：《机器人新战略》，2015

【4】 国务院：《中国制造 2025》，2015

【5】 工业和信息化部、财政部：《智能制造发展规划（2016-2020 年）》，2016

【6】 国务院：《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网指导意见》，2017

【7】 2018 年中央经济工作会议：“新型基础设施建设”，2018

【8】 标准排名城市研究院、经济观察城市与政府事务研究院：《世界智能制造中心发展趋势报告（2019）》，2019

【9】 电子标准院研究院，《绿色制造标准化白皮书》，2019

【10】 工业互联网产业联盟，《工业互联网平台标准体系框架》，2018

【11】 埃森哲：《埃森哲技术展望 2019》，2019

【12】 http://www.trustedblockchain.cn/

【13】 http://www.chinawuliu.com.cn/zixun/201912/10/345977.shtml

【14】 http://scjss.mofcom.gov.cn/article/cx/202004/20200402955460.shtml

特别感谢：

关伟、芮勇、Arthur Hu、魏建强、田日辉

审阅人员：

联想供应链：John Egan、Richard Ferranti、Gareth Davies、黄仲昭、王会文、王晓岚、朱志权、齐岳、徐赫、王典，马华兰、李超、宋舸、刘伟、杨鹤

数据智能集团：于辰涛

联想研究院：范建平

联宝（合肥）电子科技有限公司：柏鹏、杨春

联想服务：戴炜、刘德国、林展晖、魏东

中国区商用服务：刘征，王磊

联想云网融合事业部：陈江海

BT&IT：方雨，陈蔚

联想合法知识产权部：陈媛青

联想政府事务部：何瑛

主要编委会成员：

联想全球供应链：蔡洪，姚恩伟，董勇利、黄劲

联想研究院：陈钢、过晓冰

数据智能集团：戴辉

合作编写人员：

联想制造：李楠，赵磊，吴坚，张新建，马煜辰，邓小军

联想供应：史楠，陈文杰，曲钰，白璐，林长吉

联想研究院：范伟、靳玉茹、祁宏升、胡长建、虞文明、宁泽宇、陈飞飞

联想质量：孙艳芳，刘伟，刘剑，刘培冀，龚勋，郑汉中

联想物流：吴琨，李伟，杨舒惠

联想服务：聂志平， 杨博， 余异、马燕

数据智能集团：马鹏程

联宝（合肥）电子科技有限公司：赵倩

中国区商用服务部：黄宇宙，苏明宇

联想云网融合事业部：王振宇、李冒妹

BT&IT：关强，黄缵，付勇，李强，刘健，冯文吉，郑璐，莫慧玲

联想智能制造白皮书

联想“联想智能制造白皮书”从联想自身实践出发，

旨为倡议和推广智能制造解决方案，并对联想数字化、智能化

过程进行梳理，赋能行业转型。

版权©2020 联想集团版权所有

联想全球供应链

考研资料：数学、英语、政治、管综、西综、法硕等（整合各大机构）
英语类：四六级万词班专四专八雅思等
财经类：初级会计、中级会计、注册会计、高级会计、税务师、会计实操、证券从业、基金从业、资产评估、初级审
公务员：国考、省考、事业单位、军队文职、三支一扶微信 2270291360
银行：银行招聘、笔试、面试
教师资格：小学、中学、教师招聘面试
建筑：一建、二建、消防、造价
法考：主观题、客观题
多平台网课：涵盖职场、办公技能、编程、文案写作、情感心理、穿搭技巧、理财投资健身减肥摄影技术等优质内容
精选资料：Excel 教程、PPT 模板、简历模板、PS 教程、PPT 教程、素描、烹饪、小语种、CAD 教程、PR 教程、UI 课程、自媒体、写作、计算机二级、钢琴、Python、书法、吉他、kindle 电子书、演讲.....持续更新中...
押题：提供考前冲刺押题（初级会计、中级会计、注册会计、一建、二建、教资、四六级、证券、基金、期货等等），麻麻再也不用担心我考不过了。
资料领取微信：1131084518
行业报告：20000 份+持续更新

英语四六级备考资料	计算机二级备考资料	150 所高校考研专业课资料
两小时搞定毛概马原思修近代史纲	高数(微积分)+线性代数+概率论	素描 0 基础入门教程
教师资格证全套备考资料	普通话考试资料礼包	书法教程微信 2270291360
大学生英语竞赛备考资料	大学生数学竞赛备考资料	1000 份各行业营销策划方案合集
挑战杯/创青春/互联网+竞赛资料	电子设计竞赛必备资料	街舞 0 基础入门教程
托福雅思备考资料	大学物理学科攻略合集	动漫自学教程
SCI 最全写作攻略	TEM4/TEM8 专四专八备考资料	教师资格证面试试讲万能模板
360 份精美简历模板	数学建模 0 基础从入门到精通	100 套快闪 PPT 模板
Vlog 制作最全攻略	超强 PR 模板	42 套卡通风 PPT 模板
PS 零基础教程微信 1131084518	PS 高级技能教程	63 套酷炫科技 PPT 模板
好用到极致的 PPT 素材	128 套中国风 PPT 模板	32 套 MBE 风格 PPT 模板
327 套水彩风 PPT 模板	295 套手绘风 PPT 模板	54 套毕业答辩专属 PPT
196 套日系和风 PPT 模板	82 套文艺清新 PPT 模板	57 套思维导图 PPT 模板
163 套学术答辩 PPT 模板	53 套北欧风 PPT 模板	34 套温暖治愈系 PPT 模板
118 套国潮风 PPT 模板	30 套仙系古风 PPT	126 套黑板风 PPT 模板
114 套星空风格 PPT 模板	192 套欧美商务风 PPT 模板	42 套绚丽暈染风 PPT
50 套精美 INS 风 PPT 模板	56 套水墨风 PPT 模板	137 套清爽夏日风 PPT 模板
98 套森系 PPT 模板	25 套简约通用 PPT 模板	记忆力训练教程
300 套教学说课 PPT 模板	123 套医学护理 PPT 模板	AE 动态模板微信 2270291360
毕业论文资料礼包	教师资格证重点笔记+易错题集	表情包制作教程
吉他自学教程（送 6000 谱）	钢琴自学教程（送 1000 谱）	区块链从入门到精通资料
2000 部 TED 演讲视频合集	Excel 从入门到精通自学教程	单片机教程
230 套可视化 Excel 模板	1000 款 PR 预设+音效	1000 份实习报告模板
手绘自学教程微信 1131084518	单反从入门到精通教程	人力资源管理师备考资料
英语口语自学攻略	粤语 0 基础从入门到精通教程	证券从业资格证备考资料
日语自学教程	韩语自学教程	PHP 从入门到精通教程
法语学习资料	西班牙语学习资料	炒股+投资理财从入门到精通教程
全国翻译专业资格考试备考资料	BEC 初级+中级+高级全套备考资料	大数据学习资料
SPSS 自学必备教程	Origin 自学必备教程	会计实操资料
LaTeX 全套教程+模板	EndNote 教程+模板	小提琴 0 基础入门自学教程
GRE 超全备考资料	200 份医学习题合集	司考备考资料

思维导图教程＋素材	20000 份行业研究报告	一级造价工程师备考资料

上万 GB 教学资料（均全套,非杂乱）免费领取微信 1131084518

《闪电式百万富翁》实战版+升级版

易经+道德经+易学名师全集+风水学+算命学+起名+++等等（全套 1000 多 GB）

心理学+NLP 教练技术+精神分析+亲子家庭教育+催眠+++等等（更新超 2000GB）

大学-已更新至 9333 个课程+高中+初中+小学-全套资料（超过 2 万 GB）

陈安之	曾仕强	马云	杜云生	翟鸿燊	刘一秒	俞凌雄
王健林	余世维	雷军	周文强	安东尼罗宾	董明珠	李嘉诚
徐鹤宁	冯晓强	李践	刘克亚	罗伯特清崎	戴志强	李伟贤
苏引华	史玉柱	李强	俞敏洪	杰亚伯拉罕	周鸿祎	唐骏
梁凯恩	陈永亮	傅佩荣	贾长松	易发久	李彦宏	湖畔大学
李开复	聂枭	悟空道场	魏星	姬剑晶	其他名师全集	其他资料下载
王兴	王智华	智多星	陈文强	周导		微信 2270291360
泡妞	撩汉	泡仔	房中术	性福课	驻容术	泡妞撩汉性福合集

注：太多了，无法全部一一列出。。。

全套专题系列【微信 1131084518】

记忆力训练	形象礼仪	健康养生	企业管理	沟通技巧
演讲与口才	经理修炼	MBA 讲座	时间管理	战略经营
企业文化	销售心理	管理素质	国学讲座	执行力
团队管理	领导艺术	员工激励	潜能激发	谈判技巧
绩效管理	薪酬管理	43 份直销制度	电话销售	人力管理
客户服务	创业指南	市场营销	餐饮管理	保险讲座
品牌营销	酒店管理	汽车 4S 店	众筹资料	销售技巧

兴趣爱好：	钓鱼教程	魔术教学	炒股教学	美术教学	书法教学
音乐乐器：	萨克斯教学	电子琴教学	小提琴	古筝教学	钢琴教学
	吉他教学				
体育运动：	篮球教学	足球教学	羽毛球教学	兵乓球教学	太极拳教学
	围棋教学	高尔夫球			
生活实用：	插花教学	茶艺-茶道	唱歌教学	单反相机摄影	毛线编织
	小吃+美食				
语言学习：	英语				
电脑 IT：	办公 office	PS 美工教学			

暗号：666

免费领取资料微信

1131084518

微信1131084518

撩汉liaohan.net

最好资源zuihaoziyuan.com

START YOUR FINANCE

起点财经，网罗天下报告